Académie des sciences (France). Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. 1939.

1939

PREMIER SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS

TOME 208

N° 2 (9 Janvier 1939).



PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Quai des Grands-Augustins, 55

1939

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LA SÉANCE DU 13 JUILLET 1835
ET MODIFIÉ DANS LES SÉANCES DES 24 FÉVRIER 1840, 23 JUIN 1862, 24 MAI 1875, 8 JUIN 1925.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y deux volumes par année.

ARTICLE 1. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus *quatre* pages par numéro.

Un membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de *dix* Notes par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les *dix* Notes accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus *trois* pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de *huit* Notes par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne porte en rien préjudice au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de la discussion.

Les Rapports relatifs aux prix décernés ne sont imprimés dans les *Comptes rendus* qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Notes des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie ne peuvent pas dépasser *deux* pages *et demie*. Le nombre des Notes d'un même auteur ne peut être supérieur à *cinq* par année.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Des figures ne pourraient être exceptionnellement autorisées que si elles étaient déposées sur le Bureau en même temps que la Note présentée. L'espace occupé par ces figures compte alors pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

NOTA. — *La page comprend 38 lignes de 67 lettres ou intervalles.*

AVIS AUX AUTEURS

Les références bibliographiques des Notes destinées aux *Comptes rendus* doivent être aussi complètes que possible et comprendre, par exemple pour les Périodiques, l'indication du tome, de l'année et de la page.
(*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1057.)

Les auteurs qui ne se conformeront pas à cette règle seront exposés à voir leurs Notes retardées jusqu'à ce que les indications jugées nécessaires et signalées *sur les épreuves* aient été fournies.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le samedi qui précède la séance, avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 JANVIER 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En faisant hommage à l'Académie d'un volume intitulé *Congrès de la Recherche scientifique dans les Territoires d'Outre-Mer* (1), M. **Alfred Lacroix** s'exprime en ces termes :

« Le Congrès dont il s'agit s'est tenu à l'École nationale de la France d'Outre-Mer, du 20 au 25 septembre 1937, sous ma présidence, assistée de M. H. Hubert, inspecteur-général des services météorologiques coloniaux, et de M. Martelli-Chautard, directeur de l'*Association Colonies-Sciences,* qui en ont été les chevilles ouvrières.

« Il a été particulièrement brillant par le nombre et la compétence des personnes qui y ont assisté avec une grande assiduité et par les questions de méthode qui, seules, y ont été traitées.

« En dehors des Assemblées générales, chacune des sept Sections de ce Congrès ont tenu de nombreuses séances et parfois des séances communes à plusieurs d'entre elles.

« Plusieurs de nos Confrères ont présidé les débats de quatre de ces Sections, qui étaient les suivantes :

I. Géodésie, Astronomie géodésique, Photogrammétrie, Cartographie. *Président,* M. G. Perrier.

II. Physique du globe. *Président,* M. Ch. Maurain.

III. Géologie et Minéralogie pures et appliquées, Géographie physique, Pédologie. *Président,* M. Ch. Jacob.

IV. Botanique pure et appliquée. *Président,* M. Aug. Chevalier.

V. Chimie des végétaux. *Président,* M. Ém. Perrot.

VI. Zoologie pure et appliquée. *Président,* M. Gruvel.

VII. Ethnologie. *Président,* M. P. Rivet.

---

(1) Exposition internationale de Paris, 1937. *Congrès de la Recherche scientifique dans les Territoires d'Outre-Mer* (*Association Colonies–Sciences.* Paris, 1938, in-8°, 543 pages).

« Le présent Volume donne, pour chacune de ces Sections représentant les principaux points de vue scientifiques utiles à l'étude de nos colonies, un rapport préliminaire de leur Président, le compte rendu des séances, les vœux exprimés, un résumé des principales communications, un rapport final du Président. »

VOLCANOLOGIE. — *Les étapes silencieuses de la formation d'un nouveau cratère à faciès de caldeira, au sommet du Piton de la Fournaise (Ile de la Réunion).* Note de M. **Alfred Lacroix.**

Dans l'Ouvrage que j'ai consacré récemment au volcan actif de la Réunion [1], j'ai donné quelques indications sommaires sur des phénomènes remarquables qui se préparaient alors et qui, depuis lors, se sont développés avec une remarquable intensité.

Je rappellerai que, dans la caldeira de 7^{km} de diamètre (Enclos Fouqué) qui coiffe le massif du Piton de la Fournaise, se dresse un cône surbaissé de lave basaltique qui est la partie active du volcan actuel, à laquelle doit être réservé le nom de Piton de la Fournaise (s. s.).

En 1802, Bory de Saint-Vincent a vu trois cratères sur le sommet de ce piton : celui auquel il a donné son nom et qui ne présentait plus de signe d'activité; plus à l'Est, le cratère brûlant (cratère Dolomieu) puis, entre les deux, un petit cône de lave à cavité cratériforme auquel a été attribuée l'appellation de Mamelon central et qui occupait l'emplacement du cratère de l'éruption de 1766.

En 1851, Maillard trouva, au lieu de ce Mamelon, une grande cavité cratériforme entaillant le flanc oriental du sommet Bory et encerclant la base occidentale du sommet Dolomieu; c'est ce que j'ai nommé l'Enclos Vélain. Cette modification du sommet était passée inaperçue; depuis la publication de mon Ouvrage, j'ai pu préciser l'époque de sa production, qui doit être comprise entre 1817 et 1825. Cette question est discutée dans un Supplément que j'aurai l'honneur de présenter à l'Académie dans une prochaine séance.

Quand, en octobre 1911, j'ai étudié sur place le Piton de la Fournaise, le cratère Dolomieu avait disparu à son tour, rempli qu'il avait été depuis peu par un afflux de lave encore chaude qui s'était déversé dans toutes les directions et particulièrement dans l'Enclos Vélain : sa cavité était donc remplacée par un petit plateau.

Ce rappel était indispensable pour faire comprendre les phénomènes qui font l'objet de la présente Note et sur la marche desquels il n'a été possible de réunir que des renseignements fragmentaires, car jusqu'ici il avait été impossible d'obtenir de l'Administration locale de la colonie l'organisation

(1) *Le Volcan actif de l'Ile de la Réunion et ses produits*, Paris, 1936, I-IX, 1-299, 68 pl. phot. et une carte.

d'un service d'observation régulière du volcan. La plus grande partie des détails qui vont suivre ont été recueillis par diverses personnes, au cours de rares visites du volcan, touristiques plutôt que scientifiques.

Des observations faites à partir de 1927 ont montré que sur le plateau de 1911, s'était formée une cavité ayant un diamètre d'une centaine de mètres, mais qui a été en s'agrandissant et en s'approfondissant. En 1930, elle constituait un véritable petit cratère.

En 1933, un effondrement est constaté dans le milieu de l'Enclos Vélain; alors le cratère Dolomieu reconstitué et son voisin étaient actifs, car ils renfermaient de la lave incandescente, mais elle n'était pas le siège d'explosions violentes. Plus tard, il y a eu coalescence de ces deux cavités et formation de ce que j'appellerai le Nouveau cratère, aux parois verticales, hautes d'environ 120^{m}, avec un diamètre d'environ 600^{m} dans la direction Est-Ouest et 400^{m} dans la direction perpendiculaire.

Des photographies par avion purent alors être prises (septembre 1936); elles sont reproduites dans le Supplément à mon Ouvrage indiqué plus haut et permettent de se rendre compte du changement complet de structure du sommet du Piton de la Fournaise.

Mais ce n'est pas tout; celui-ci est parcouru par de nombreuses fentes récentes, semblables à celles que j'ai décrites en 1911. De plusieurs d'entre elles se sont épanchées de petites quantités de lave basaltique, très fluide, consolidée sous une forme très vitreuse, pendant localement en stalactites sur les parois des fentes ou à l'état de petites projections hawaïennes contournées, restant limitées au voisinage immédiat du point de sortie.

Ces changements si importants du sommet du Piton se sont produits d'une façon tellement discrète et si impossible à distinguer de loin qu'ils seraient passés inaperçus sans les quelques visites faites accidentellement au sommet du volcan.

C'est ainsi que, le 12 août 1937, une famille de Saint-Denis, y ayant entrepris une excursion, a vu avec stupéfaction, une fois arrivée sur les bords de la caldeira, s'élever du cratère Bory, inerte depuis plus d'un siècle, une colonne de vapeurs accompagnée de violentes détonations. Sur le bord sud de ce cratère s'était ouverte une fente nouvelle, qui s'est prolongée sur les flancs extérieurs du Piton. De son point de départ une coulée s'était déversée dans le fond du cratère Bory et s'y était étalée.

C'est sans doute le premier exemple d'un cratère de volcan rempli de lave *per descensum*. Cet épanchement a d'ailleurs été de brève durée, car, suivant le mode habituel, la lave n'a pas tardé à s'écouler uniquement par la partie basse de la fente, vers la Plate-forme.

Pour interpréter ce cas singulier, on peut supposer que les fentes ayant alimenté le cratère Bory dans le passé, sont trop solidement cicatrisées par d'anciennes laves, pour avoir pu être ouvertes à nouveau au cours de la dernière éruption, dont l'intensité était minime, et ainsi s'expliquerait pourquoi des fentes nouvelles ont déchiré la crête du cratère, où la résistance était moindre, et non pas son fond.

Il est important d'insister sur ce que les résultats, dont je viens de donner le résumé et qui ont transformé si profondément la morphologie du sommet du Piton, ont été acquis jusqu'ici sans cataclysme, sans bruit perceptible au loin, sans oscillation du sol, du moins apparente, sans phénomène explosif violent, par la simple succession d'ouverture de fissures, puis d'effondrements accompagnés de montée du magma incandescent et peut-être de refusion de laves anciennement consolidées.

Pour expliquer l'ensemble de ces phénomènes, il faut penser à la *Gaz-fluxing hypothesis*, de M. R. Daly, d'après quoi les gaz d'origine profonde, accompagnant la montée d'un magma à haute température et sous pression élevée, joueraient le rôle de chalumeau pour se frayer un chemin dans les laves antérieures, les liquéfier et ouvrir ainsi, dans certains cas, le passage à du magma neuf. Dans l'exemple qui nous occupe, la faible quantité de lave épanchée doit être remarquée.

Les faits qui viennent d'être exposés ont aussi un grand intérêt en ce sens qu'ils donnent la clé du mécanisme de la disparition, jusqu'ici inexpliquée, du Mamelon central et de la formation de l'Enclos Vélain.

Il n'est guère douteux, en outre, que les phénomènes actuellement en voie d'évolution sont une réplique atténuée de ceux jadis mis en œuvre, sur une échelle plus grande, pour donner naissance aux anciennes caldeiras (l'Enclos Fouqué et antérieurement l'Enclos des Sables encore plus vaste), ainsi qu'au barranco du Grand-Brûlé.

Aucun phénomène apparent n'avait été observé au volcan depuis plus d'une année, quand deux éruptions notables se sont succédé le mois dernier.

D'après des indications sommaires que je viens de recevoir par avion de M. Maurice Jean, le 7 décembre, une coulée est sortie du flanc oriental du Piton de la Fournaise, un peu au-dessous du Nouveau cratère. Elle s'est d'abord dirigée sur la Plate-forme, puis vers les Grandes-Pentes. Elle avait alors à peu près 200^{m} de largeur et s'écoulait avec une vitesse d'environ 200^{m} à l'heure. Elle s'est élargie ensuite, en s'avançant jusqu'à 2^{km} de la route nationale. L'éruption semble s'être arrêtée le 11 décembre.

Le 16 décembre, une nouvelle fente s'est ouverte très bas sur les Grandes-Pentes, toujours au-dessous du Nouveau cratère. On a observé de loin des projections incan-

descentes au point de sortie. La lave, émise d'une façon à peu près continue, s'est divisée en deux branches, l'une se dirigeant vers le kilomètre 75 de la route coloniale ([2]), l'autre, vers le kilomètre 74. La première s'est arrêtée à 2^{km},500 de la route et la seconde à 2^{km}. Ces indications ont été prises de loin par les gendarmes.

On fait espérer que d'ici peu sera enfin organisé un service d'observation moins rudimentaire. Il devra non seulement s'occuper de recherches géophysiques justifiées par l'intérêt de la science et de la prudence, mais encore s'attacher à une question lithologique très importante, du point de vue théorique. En général, les variations de la composition minéralogique et chimique des laves émises par les éruptions successives et rapprochées d'un même volcan sont très faibles. Celui qui nous occupe fait exception à cette règle. Il a émis dans le passé deux types basaltiques : dans l'un, la silice est à peine saturée, le péridot est peu abondant et, en général, *réactionnel*, quand il existe en proportions notables. C'est le plus souvent un *basalte* β. Dans l'autre, au contraire, la silice du magma est déficitaire. La magnésie y est très abondante; la roche n'est plus faiblement mésocrate, mais très mélanocrate, le péridot, *normal*, cette fois, y dépasse parfois 50 pour 100. La lave est ce que j'ai appelé une *océanite*.

Il est certain que la plupart des éruptions antérieures ont fourni uniquement l'un ou l'autre de ces types lithologiques; les énormes coulées de 1931 étaient constituées par l'océanite; plusieurs de celles des éruptions précédentes et celles qui les ont suivies étaient formées par le basalte β. Il serait très intéressant de savoir si, dans certains cas, une même éruption n'a pas produit les deux types, soit dans une même coulée, soit dans des coulées différentes. Il m'a semblé que ce dernier cas a peut-être été réalisé, d'après les indications de date qui m'ont été données sur place par des indigènes, lorsque j'ai parcouru les vastes champs de laves du Grand-Brûlé, mais de semblables informations ne présentent pas de garanties suffisantes, et c'est au cours même des éruptions, alors que la lave encore chaude peut être aisément distinguée de celles qui l'ont précédée, et qui sont morphologiquement semblables, que pourrait être obtenue une certitude.

([2]) La route coloniale, qui fait le tour de l'île, suit le rivage de la mer et traverse le bas du Grand-Brûlé par lequel la lave s'écoule souvent vers la mer. Au cours des grandes éruptions, cette route est fréquemment coupée par les coulées. Les gendarmes des communes voisines sont chargés de la surveillance de leur marche qui peut menacer cette voie unique de communication : c'est donc à eux que sont dus tous les renseignements concernant les épanchements du volcan prenant la direction de l'Est, et ils sont rapportés aux kilomètres menacés.

MÉCANIQUE. — *Sur la définition de la force en relativité restreinte.* Note de M. **Ernest Esclangon.**

La définition de la *force*, en mécanique, est une notion délicate quand on veut lui donner une forme rigoureuse et précise, laquelle comporte l'indication simultanée de grandeur et direction. Un cas non ambigu est celui d'un point matériel en repos initial (vitesse nulle) et se mettant en mouvement sous l'action de ce qu'on appelle une force; il est imposé alors de représenter celle-ci, en grandeur et direction, par un vecteur proportionnel à l'accélération initiale. Dans le cas d'un corps en mouvement, la notion est moins claire en ce qui concerne la définition à adopter.

Plaçons-nous dans l'hypothèse de la relativité restreinte et des formules de Lorentz. S et S' étant deux systèmes de référence en translation uniforme suivant ox, on a, pour les relations de lieu et de temps,

$$(1)\quad \begin{cases} x' = a(x - vt), \quad y' = y, \quad z' = z, \\ t' = a\left(t - \frac{vx}{C}\right), \quad t = a\left(t' + \frac{vx'}{C}\right) \quad \left(a = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{C}}}\right). \end{cases}$$

Considérons une suite continue quelconque d'événements dans S qui s'exprime par des fonctions données x, y, z, du temps t, événements observés aussi dans S' en fonction de t'.

On a immédiatement

$$(2)\quad \frac{dx'}{dt'} = p\left(\frac{dx}{dt} - v\right), \qquad \frac{dy'}{dt'} = p\sqrt{1 - \frac{v^2}{C}}\,\frac{dy}{dt}, \qquad \frac{dz'}{dt'} = p\sqrt{1 - \frac{v^2}{C}}\,\frac{dz}{dt},$$

où

$$p = \frac{1}{1 - \frac{v}{C}\frac{dx}{dt}}.$$

On pourra écrire de même

$$(3)\quad \begin{cases} \dfrac{d^2x'}{dt'^2} = q\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{C}}\,\dfrac{d^2x}{dt^2}, \\ \dfrac{d^2y'}{dt'^2} = q\left[\dfrac{d^2y}{dt^2} - \dfrac{v}{C}\left(\dfrac{d^2y}{dt^2}\dfrac{dx}{dt} - \dfrac{d^2x}{dt^2}\dfrac{dy}{dt}\right)\right], \\ \dfrac{d^2z'}{dt'^2} = q\left[\dfrac{d^2z}{dt^2} + \dfrac{v}{C}\left(\dfrac{d^2x}{dt^2}\dfrac{dz}{dt} - \dfrac{d^2z}{dt^2}\dfrac{dx}{dt}\right)\right], \end{cases}$$

où l'on a posé

$$q = \frac{1 - \frac{v^2}{C}}{\left(1 - \frac{v}{C}\frac{dx}{dt}\right)^2}.$$

Parmi tous les invariants qui s'appliquent à des suites d'événements quelconques et vis-à-vis de tous les systèmes de référence en translation uniforme, considérons le suivant :

Appelons *h la projection de la vitesse* V *sur le plan normal à l'accélération* et posons

$$(4)\qquad V^2 = \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2;$$

$$(5)\qquad J^2 = \left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2z}{dt^2}\right)^2;$$

$$(6)\qquad \begin{cases} L = \dfrac{d^2z}{dt^2}\dfrac{dy}{dt} - \dfrac{d^2y}{dt^2}\dfrac{dz}{dt}, \\ M = \dfrac{d^2x}{dt^2}\dfrac{dz}{dt} - \dfrac{d^2z}{dt^2}\dfrac{dx}{dt}, \\ N = \dfrac{d^2y}{dt^2}\dfrac{dx}{dt} - \dfrac{d^2x}{dt^2}\dfrac{dy}{dt}. \end{cases}$$

Il est clair que l'on a

$$(7)\qquad h^2 = \frac{L^2 + M^2 + N^2}{J^2}.$$

D'autre part, un calcul facile montre que l'on peut écrire

$$(8)\qquad \begin{cases} L' = q\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{C}}\cdot L, \\ M' = q\left(M + v\dfrac{d^2z}{dt^2}\right), \\ N' = q\left(N - v\dfrac{d^2y}{dt^2}\right). \end{cases}$$

Formons alors la combinaison

$$CJ'^2 - (L'^2 + M'^2 + N'^2 = q^2\left\{\left[C\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2 - L^2\right]\left(1 - \frac{v^2}{C}\right) + C\left(\frac{d^2y}{dt^2} - \frac{v}{C}N\right)^2 - \left(v\frac{d^2y}{dt^2} - N\right)^2 + C\left(\frac{d^2z}{dt^2} + \frac{v}{C}M\right)^2 - \left(v\frac{d^2z}{dt^2} + M\right)^2\right\}.$$

La parenthèse du second membre est divisible par $1 - v^2/C$ et il vient

finalement

$$CJ'^2-(L'^2+M'^2+N'^2)=q^2\left(1-\frac{\rho^2}{C}\right)[CJ^2-(L^2+M^2+N^2)],$$

ou encore

$$(9)\qquad J'^2\left(1-\frac{h'^2}{C}\right)=q^2\left(1-\frac{\rho^2}{C}\right)J^2\left(1-\frac{h^2}{C}\right).$$

Mais des formules (2) on tire aisément

$$(10)\qquad \left(1-\frac{V'^2}{C}\right)^3=q^2\left(1-\frac{\rho^2}{C}\right)\left(1-\frac{V^2}{C}\right)^3.$$

La division membre à membre des formules (9) et (10) fournit ainsi l'invariant

$$(11)\qquad \frac{J}{R}=\frac{J'}{R'},\qquad \left[R=\frac{\left(1-\frac{V^2}{C}\right)^{\frac{3}{2}}}{\left(1-\frac{h^2}{C}\right)^{\frac{1}{2}}}\right].$$

Si l'on pose

$$(12)\qquad \frac{d^2x}{dt^2}=XR,\qquad \frac{d^2y}{dt^2}=YR,\qquad \frac{d^2z}{dt^2}=ZR,$$

le vecteur X, Y, Z garde donc une *grandeur constante* F dans tous les systèmes de référence en translation uniforme.

Peut-on lui donner une signification physique dans le cas où les coordonnées x, y, z représentent le mouvement d'un point matériel M?

Soit, par exemple dans le système S, V la vitesse du point à l'instant t. Imaginons un système S', animé d'une translation uniforme, constante, égale à V. Dans S', la vitesse du point est nulle à l'instant t' correspondant à t. La valeur R' de R y est donc égale à *un* et l'on a ici

$$\frac{d^2x'}{dt'^2}=X',\qquad \frac{d^2y'}{dt'^2}=Y',\qquad \frac{d^2z'}{dt'^2}=Z';$$

le vecteur X'Y'Z' est donc égal en grandeur à l'invariant F. On peut considérer que, dans S', le point M ayant une vitesse initiale nulle, X'Y'Z', égaux aux composantes de l'accélération, sont proportionnels aux projections de la force. Il serait donc naturel, dans les équations générales (12), de considérer la force agissante comme définie par un vecteur proportionnel à X, Y, Z.

Mais il y a plus. Imaginons un fil tendu (ou une règle) fixé par une extrémité au point M, sa direction, *au point d'attache*, étant définie dans S

par ses cosinus directeurs α, β, γ, lesquels peuvent être aussi des fonctions de t.

Dans S′, la direction du fil *au point d'attache* (¹) a ses cosinus directeurs α', β', γ' proportionnels respectivement à

$$\alpha\sqrt{1-\frac{v^2}{C}}, \quad \beta-\frac{v}{C}\left(\beta\frac{dx}{dt}-\alpha\frac{dy}{dt}\right), \quad \gamma+\frac{v}{C}\left(\alpha\frac{dz}{dt}-\gamma\frac{dx}{dt}\right).$$

Or, si la direction α, β, γ est dans S celle de l'accélération J, dans S′, et par conséquent dans tous les systèmes en translation uniforme, elle reste celle de l'accélération comme le montrent les formules (3). Un fil tendu suivant l'accélération dans un système, est aussi tendu suivant l'accélération dans tout autre système de référence en translation uniforme.

Enfin, par ailleurs, en partant du seul principe de relativité, j'ai pu montrer (²) que, si une force agissant sur un point matériel est réellement obtenue par la traction d'un fil, les équations du mouvement s'expriment effectivement par les équations (12), X, Y, Z représentant, à un facteur *constant* près attaché au point matériel (inverse de la masse ou quantité de matière), les projections de la traction exercée; ces équations sont invariantes vis-à-vis de toutes les translations uniformes.

Les équations (12) ne sont pas en accord avec les formules classiques de la mécanique électronique obtenues par application du principe de conservation de l'énergie. Sans doute une distinction doit-elle être établie entre ce que l'on pourrait appeler les forces dynamométriques, qui suivent en quelque sorte le mobile dans son mouvement, et les forces d'un champ, supposées préexistantes en tout point géométrique, se succédant et se remplaçant incessamment dans leur action sur le point matériel en mouvement.

CORRESPONDANCE.

Le **Musée des Arts décoratifs** et **l'Union des Photographes** de **Trondheim** font savoir à l'Académie qu'ils célèbrent le *Centenaire de la Daguerréotypie* et envoient leur hommage à la mémoire de Daguerre.

(¹) Nous appelons direction du fil, dans S, au point d'attache M, celle définie par la tangente en M à la ligne géométrique définie par le fil à l'instant t; même définition dans S′ vis-à-vis du même point M et du temps t' correspondant à M et t dans S.

(²) *La notion de temps* (*Bulletin astronomique*, 10, 1, 1938, p. 45).

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Wilhelm Reich, Roger du Teil et Arthur Hahn. *Die Bione zur Entstehung des vegetativen Lebens.*

2° Daniel Schneegans. *La géologie des nappes de l'Ubaye-Embrunais entre la Durance et l'Ubaye* (présenté par M. F. Grandjean).

M. **Henri Humbert** adresse un Rapport relatif à l'emploi de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1937.

GÉOMÉTRIE. — *Sur un théorème fondamental de géométrie sur les surfaces algébriques.* Note (¹) de M. **Beniamino Segre**, présentée par M. Élie Cartan.

Lemme. — *La dimension δ d'une série algébrique Σ de groupes de n points, variable avec continuité dans un* S_r, *ne peut jamais décroître moyennant un passage à la limite.*

Pour se convaincre de cela, il suffit de considérer la V_δ algébrique qui correspond à Σ sur la variété W, plongée dans un certain S_ρ, dont les points représentent, de la façon connue, les groupes (non ordonnés) de n points de S_r. La variété V_δ varie sur W d'une façon continue, tout comme Σ dans S_r; avec un $S_{\rho-\delta}$ arbitrairement fixé dans S_ρ elle a toujours des points communs, qui ne peuvent pas tous disparaître lorsqu'on effectue un passage à la limite, attendu que W et $S_{\rho-\delta}$ sont compactes : et ceci prouve notre assertion.

Un cas particulier du lemme précédent a été récemment appliqué dans la démonstration, donnée par nous-même, du théorème relatif à la dimension des systèmes continus complets de courbes algébriques tracées sur une surface algébrique (²); mais cette application a ensuite paru douteuse à M. Enriques, qui a surtout appuyé ses doutes sur l'exemple suivant, en soi-même instructif (³).

(¹) Séance du 27 décembre 1938.

(²) Cf. B. Segre, *Annali di Mat.*, 4ᵉ série, **17**, VII, 1938, p. 107, n° 7 ; on pourra consulter la préface de ce Mémoire, pour les indications historiques et bibliographiques sur le théorème fondamental en question.

(³) Cf. F. Enriques, *Rend. Lincei*, 6ᵉ série, **27**, II, 1938, p. 493; *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 27.

Considérons sur un plan une courbe E variable, d'ordre 8 et douée de 15 points doubles, tendant à une courbe $E_0 = C + D$ qui soit décomposée en deux quartiques de genre 3, se coupant suivant 16 points distincts; un point O déterminé entre ceux-ci résultera alors de la liaison entre C, D, c'est-à-dire qu'il ne sera pas la limite d'un point double de E. Eh bien, M. Enriques a affirmé que la g_{10}^5 canonique de E devient, à la limite, la *série d'équivalence* ∞^4 formée par les deux g_4^2 canoniques $|H|$, $|K|$ de C, D, à chacune desquelles on ajoute le point fixe O. La remarque complémentaire, faite par cet auteur même, que, en adoptant le langage infinitésimal, on peut dire que les groupes limites s'obtiennent en ajoutant aux ∞^4 groupes $H + K$ le point fixe O et un point *variable* infiniment voisin à O, n'est pas suffisante pour ôter la contradiction avec notre lemme, comme il est évident d'après la démonstration donnée auparavant pour celui-ci.

Une analyse approfondie, qui sera développée ailleurs en détail, montre que les choses se passent proprement ainsi. Les quintiques N adjointes à E, qui découpent sur cette courbe la g_{10}^5 canonique (en dehors de ses 15 points doubles comptés deux fois), deviennent, à la limite, des quintiques N_0, passant par les 15 points du groupe (CD) qui ne sont pas de liaison entre C, D, et en conséquence aussi par le point O. La g_{10}^4 $|H| + |K| + 2O$ est effectivement la série décomposée sur E_0 par le système linéaire $|N_0|$ limite de $|N|$: *mais elle n'épuise pas la série limite de* g_{10}^5; celle-ci se compose précisément des deux séries $|H + 2O| + |K|$ et $|H| + |K + 2O|$, toutes les deux ∞^5, connexes à travers la g_{10}^4 susdite. Ce fait, du premier abord paradoxal, est concevable *a priori* en vertu du lemme, si l'on observe que les deux séries d'équivalence ∞^5 envisagées tantôt sur E_0 sont les seules ampliations possibles de g_{10}^4; et l'on peut en effet rigoureusement démontrer que les groupes génériques de l'une ou de l'autre de ces séries sont les limites des groupes de g_{10}^5 découpables sur E par une courbe N qui, à la limite, vient respectivement à se décomposer dans C ou D et dans une droite ultérieure.

Des circonstances analogues ont lieu, d'une façon tout à fait intuitive, dans l'exemple élémentaire qui va suivre. Considérons sur un plan une hyperbole ayant des asymptotes données et variant avec continuité jusqu'à se réduire au couple formé par ces deux droites. La g_2^1 découpée sur l'hyperbole par ses diamètres (constituée par les couples de points de l'hyperbole symétriques par rapport au centre), tend alors vers les deux g_2^1 engendrées par les couples de points des deux asymptotes qui sont symétriques par rapport au centre ; tandis que les diamètres de l'hyperbole

coupent la courbe limite suivant un couple fixe, commun à ces deux g_2^1.

L'analyse approfondie annoncée tout à l'heure nous conduira, plus généralement, à déterminer *la limite de l'intersection de deux courbes* E, N, *variables sur une surface et acquérant une partie commune*, en fonction des limites E_0, N_0 de E, N et des courbes E, N, qui, respectivement, leur sont infiniment voisines. On verra ainsi, en particulier, que, lorsque, par exemple, chaque courbe E infiniment voisine de $E_0 = C + D$ contient un des points de liaison entre C, D, ce point doit, par conséquent, appartenir à toutes les limites des groupes (EN). D'ici s'ensuit la parfaite légitimité de notre démonstration citée, puisque la particularité naguère indiquée (qui n'a pas lieu dans l'exemple de M. Enriques) se présente toujours pour tous les points de liaison, dans le cas auquel s'applique cette démonstration.

TOPOLOGIE. — *Cohomologies et transformations continues.* Note (1) de M. **Samuel Eilenberg**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soient S^n la surface sphérique n-dimensionnelle et Y un espace métrique connexe, séparable et localement connexe en dimensions $0, 1, \ldots, n+1$ (2). On sait que les transformations continues $f(S^n) \subset Y$ forment un espace métrique localement connexe Y^{S^n}. Étant donnés deux points $x_0 \in S^n$ et $y_0 \in Y$ le sous-ensemble $Y^{S^n}(x_0, y_0)$ de Y^{S^n} déterminé par la condition $f(x_0) = y_0$ est fermé et aussi localement connexe. Suivant W. Hurewicz (3), les composantes de $Y^{S^n}(x_0, y_0)$ forment un groupe $\pi_n(Y)$, qu'on appelle $n^{\text{ième}}$ groupe d'homotopie de Y. Ce groupe est abélien pour $n > 1$.

Définition. — Y est dit *simple en dimension n*, lorsque chaque composante de Y^{S^n} contient exactement une composante de $Y^{S^n}(x_0, y_0)$.

Dans la suite, on admettra que Y est simple en dimension n. Le groupe $\pi_n(Y)$ est alors abélien même pour $n = 1$.

Soit K un complexe composé de cellules convexes orientées. Désignons par K^n le sous-complexe de K composé de toutes ses cellules de dimension $\leq n$. Soient K' un sous-complexe quelconque de K, et $f(K' + K^n) \subset Y$ une transformation continue. Pour toute cellule $(n+1)$-dimensionnelle σ_i^{n+1}, la transformation f considérée sur le bord de σ_i^{n+1} détermine un élé-

(1) Séance du 27 décembre 1938.

(2) C. Kuratowski, *Fund. Math.*, 24, 1935, p. 270.

(3) *Proceed. Akad. Amsterdam*, 38, 1938, p. 113.

ment $c(f, \sigma_i^{n+1})$ de $\pi_n(Y)$. Posons

$$c^{n+1}(f) = \sum_i c(f, \sigma_i^{n+1})\,\sigma_i^{n+1}.$$

On obtient ainsi une chaîne $(n+1)$-dimensionnelle de K à coefficients de $\pi_n(Y)$.

Étant donné deux transformations continues $f_0(K) \subset Y$ et $f_1(K) \subset Y$ telles que $f_0(x) = f_1(x)$ pour $x \in K' + K^{n-1}$, on considère ([4]) la chaîne n-dimensionnelle

$$d^n(f_0, f_1) = \sum_i d(f_0, f_1, \sigma_i^n)\,\sigma_i^n,$$

le coefficient $d(f_0, f_1, \sigma_i^n)$ étant l'élément du groupe $\pi_n(Y)$ déterminé par les transformations $f_0(\sigma_i^n) \subset Y$ et $f_1(\sigma_i^n) \subset Y$ qui coïncident sur le bord de σ_i^n.

Parmi les propriétés les plus importantes de $c^{n+1}(f)$ et de $d^n(f_0, f_1)$, signalons les suivantes :

Théorème I. — *$c^{n+1}(f)$ est un cocycle* ([5]). *Pour que $c^{n+1}(f)$ soit cohomologue à o dans $K - K'$, il faut et il suffit qu'il existe une transformation continue $f^*(K' + K^{n+1}) \subset Y$ telle que $f^*(x) = f(x)$ pour $x \in K' + K^{n-1}$.*

Théorème II. — *$d^n(f_0, f_1)$ est un cocycle. Pour que $d^n(f_0, f_1)$ soit cohomologue à o dans $K - K'$, il faut et il suffit qu'il existe une famille continue (pour $0 \leq t \leq 1$) de fonctions continues $f_t(K' + K^n) \subset Y$ telle que $f_t(x) = f_0(x)$ pour $x \in K' + K^{n-2}$.*

Tout ce qui précède est valable aussi pour les complexes infinis : on n'a qu'à considérer alors des chaînes infinies.

Si l'on admet que K est une variété combinatoire orientable, on obtient les résultats que je viens de publier dans *Fund. Math.*, 31, 1938, p. 179-200.

Si l'on admet que $\pi_1(Y) = \ldots = \pi_{n-1}(Y) = 0$, on obtient aisément les généralisations du théorème H. Hopf, établies par W. Hurewicz, H. Whitney ([6]) et moi-même ([7]).

([4]) Cf. L. Pontrjagin, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1436.
([5]) Voir par exemple H. Whitney, *Duke Math. Journ.*, 3, 1937, p. 51.
([6]) *Loc. cit.* On y trouve la bibliographie antérieure.
([7]) *Compositio Math.* (sous presse).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence en moyenne des séries de Fourier.* Note de M. **Raphaël Salem**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soient f une fonction sommable, S_n sa somme de Fourier d'ordre n. Je m'appuierai sur les théorèmes suivants :

1° On a, si $0 < p < 1$, A étant une constante absolue (¹)

$$\int_0^{2\pi} |S_n(x)|^p\,dx < \frac{A}{\cos\frac{p\pi}{2}}\left[\int_0^{2\pi}|f(x)|\,dx\right]^p.$$

2° L'expression

$$\theta_n(x) = \frac{1}{2}\left[S_n\left(x+\frac{\pi}{2n}\right)+S_n\left(x-\frac{\pi}{2n}\right)\right]$$

tend vers $f(x)$ en tout point où la série de Fourier de f est sommable par la méthode de Féjer, c'est-à-dire presque partout (*op. cit.*, p. 181).

I. L'application de ces propositions donne immédiatement

$$\int_0^{2\pi} |S_n(x)-\theta_n(x)|^p\,dx < \frac{A}{1-p}\left[\int_0^{2\pi}\left|f(x)-\frac{1}{2}f\left(x+\frac{\pi}{2n}\right)-\frac{1}{2}f\left(x-\frac{\pi}{2n}\right)\right|dx\right]^p.$$

Si l'on désigne par $\omega(\delta)$ le module de continuité intégral de $f(x)$, c'est-à-dire le maximum de

$$\int_0^{2\pi}|f(x+h)-f(x)|\,dx$$

pour tout h tel que $0 < h \leqq \delta$, on sait (*op. cit.*, p. 17) que $\omega(\delta)$ tend vers zéro avec δ, et nous avons

$$\int_0^{2\pi}|S_n-\theta_n|^p\,dx < \frac{A}{1-p}\left[\omega\left(\frac{\pi}{2n}\right)\right]^p < \frac{B}{1-p}\left[\omega\left(\frac{1}{n}\right)\right]^p,$$

B étant une constante absolue. Pour rendre minima cette dernière expression, prenons

$$p_n = 1 - \frac{1}{\left|\log\omega\left(\frac{1}{n}\right)\right|},$$

(¹) Cf. Zygmund, *Trigonometrical Series*, Varsovie, 1935, p. 150.

d'où

$$(1) \qquad \int_0^{2\pi} |S_n - \theta_n|^{p_n} dx < Be\,\omega\left(\frac{1}{n}\right)\left|\log\omega\left(\frac{1}{n}\right)\right|.$$

Si donc la série $\Sigma(1/n)\,\omega(1/n)\,|\log\omega(1/n)|$ converge, la série

$$\sum \frac{1}{n}\int_0^{2\pi} |S_n - \theta_n|^{p_n} dx$$

convergera aussi; donc la série $\Sigma(1/n)|S_n - \theta_n|^{p_n}$ convergera presque partout. Or on a

$$\frac{1}{n}|S_n - \theta_n| = \frac{1}{n}|S_n - \theta_n|^{p_n}|S_n - \theta_n|^{\frac{1}{|\log\omega_n|}},$$

où nous écrivons ω_n pour $\omega(1/n)$. On sait (*op. cit.*, p. 32) que presque partout $S_n = o(\log n)$. On en déduit facilement que si $\omega(1/n)\log n$ reste borné, la série $\Sigma(1/n)|S_n - \theta_n|$ converge elle-même presque partout. Donc, presque partout aussi, la moyenne arithmétique des n quantités

$$|S_i - \theta_i| \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

tend vers zéro. Comme d'autre part $|f - \theta_n|$ tend vers zéro presque partout, on a, pour presque tout x,

$$\lim_{n=\infty} \frac{|f - S_1| + |f - S_2| + \ldots + |f - S_n|}{n} = 0.$$

Ce résultat était, à notre connaissance (*op. cit.*, p. 238-240), démontré jusqu'à présent pour les fonctions f telles que f^r soit sommable ($r > 1$). Il est démontré ici sous une condition dépendant du seul module de continuité intégral de f. Par exemple si $\omega(\delta)|\log\delta|^{1+\varepsilon}$ est borné ($\varepsilon > 0$).

II. La méthode précédente conduit à d'autres résultats intéressants. Ainsi de l'inégalité (1) on déduit immédiatement que, la suite des entiers n_k étant choisie de façon à rendre convergente la série $\Sigma\omega(1/n_k)|\log\omega(1/n_k)|$, S_{n_k} tend vers f presque partout. On savait (*op. cit.*, p. 154) qu'une telle suite d'entiers existe pour chaque fonction sommable f; nous montrons ici que cette suite ne dépend, très simplement, que du module de continuité intégral de f.

III. Enfin, en supposant vérifiées les conditions imposées à $\omega(1/n)$ au paragraphe I, on déduit facilement de la convergence de $\Sigma(1/n)|S_n - \theta_n|$ que, presque partout, la suite naturelle des entiers peut être partagée en deux suites complémentaires $\{m_k\}$ et $\{n_k\}$ (dépendant de x), telles que

$S_{m_k} \to f(x)$ et que $\Sigma(1/n_k)$ converge. Il suffit de remarquer que $\Omega(n)$ existe, croissant indéfiniment, telle que $\Sigma[\Omega(n)/n]|S_n - \theta_n|$ converge presque partout et de prendre pour $\{m_k\}$ la suite telle que $|S_{m_k} - \theta_{m_k}|$ soit inférieure à $1/\Omega(m_k)$. Cette proposition a déjà été démontrée, sous d'autres hypothèses, par M. Zygmund [2].

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les formes générales des fonctionnelles partiellement additives dans certains espaces semi-ordonnés.* Note [1] de MM. **Leonidas Kantorovitch** et **Aaron Pinsker.**

Soient R- le K-espace avec *unité* [2] et $\mathcal{E} = \{e\}$ l'ensemble de ses éléments unitaires.

Supposons que la fonction I.e, définie dans $\mathcal{E}$, a les propriétés suivantes :

1° $I.e \geq 0$ et $I.0 = 0$;

2° $I.(e_1 + e_2) = I.e_1 + I.e_2$, si $\inf(e_1, e_2) = 0$;

3° $I.1 = 1$;

4° Quel que soit $\varepsilon > 0$, il existe des éléments unitaires $\{e_i\}$ tels que

$$\inf(e_i, e_j) = 0 \quad (i \neq j), \qquad \sum_{i=1}^{n} e_i = 1 \quad \text{et} \quad I.e_i < \varepsilon.$$

Désignons par $R_b^*(R_c^*)$ l'espace obtenu de $R_b(R_c)$ par l'identification de quelques-uns de ses éléments, à savoir :

e' est équivalent à e'' si

$$I.[\sup(e', e'') - \inf(e', e'')] = 0,$$

et x' est identique à x'' si $e_\gamma(|x' - x''|)$ est équivalent à zéro pour chaque γ.

THÉORÈME 1. — *La forme générale d'une fonctionnelle partiellement additive et continue dans R_b^* est donnée par la formule*

$$(\star) \qquad \left\{ \begin{array}{l} \mathcal{F}(x) = \displaystyle\int_{-\infty}^{\infty} \Phi(\gamma)\, de_\gamma = \lim_{\delta \to 0} \sum_{i=-\infty}^{\infty} \Phi(\gamma_{i+1})(e_{\gamma_{i+1}} - e_{\gamma_i}) \\ \qquad \left(\gamma_{i+1} - \gamma_i < \delta,\ x = \displaystyle\int_{-\infty}^{\infty} \gamma\, de_\gamma\right), \end{array} \right.$$

---

[2] Cf. ZYGMUND, *op. cit.*, p. 264; *Mathematica*, 1935, p. 86-88; *Proc. Cambridge Philos. Society*, 34, 1938, p. 125-133.

[1] Séance du 3 octobre 1938.

[2] Pour les notations cf. notre Note précédente *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1376.

où $\Phi(\mu)$ est une fonction abstraite, dont le contre-domaine est situé dans l'espace $\mathcal{J}$ satisfaisant aux conditions suivantes :

a. $\Phi(\mu)$ est uniformément continue dans chaque intervalle finie;

b. $\Phi(0)=0$;

c. $I.e=0$, implique $\Phi(\mu).e=0$ et $\Phi(0).e=0$.

On peut considérer l'espace R_b^* comme K-espace et dans ce cas désignons-le par $\overline{R}_b^*$.

THÉORÈME 2. — *La forme générale d'une fonctionnelle partiellement additive et continue dans* $\overline{R}_b^*$ *est donnée par la formule* ($\star$), *où les fonctions* $\Phi(\mu).e$ *et* $\Phi(0).e$ *sont absolument continues et satisfont aux conditions a et b du théorème* 1.

Soit $T(\gamma)$ une fonction satisfaisant aux conditions suivantes :

1° $T(\gamma)>0$, si $\gamma>0$, $T(0)=0$ et $T(-\gamma)=T(\gamma)$;

2° $T(\gamma)$ est continue;

3° $T(\gamma)$ s'accroît d'une manière monotone avec γ;

4° $T(2\gamma)=KT(\gamma)$, où K est constante.

Introduisons la fonction

$$\int_T(x)=\int_{-\infty}^{\infty}T(\gamma)I\,de_\gamma=\lim_{\delta\to0}\sum_{i=-\infty}^{\infty}T(\gamma_{i+1})(\gamma_{i+1}-\gamma_i)\qquad\left(\gamma_{i+1}-\gamma_i<\delta,\ x\int_{-\infty}^{\infty}\gamma\,de_\gamma\right).$$

Par R_T désignons l'ensemble des éléments $x\in R_c^*$ pour lesquels $\int_T(x)$ est finie.

En particulier, si $T(\gamma)=|\gamma|/1+|\gamma|$, alors $R_T=R_c^*$ et si $T(\gamma)=\gamma^p$ alors $R_T=R^p$.

THÉORÈME 3. — *La forme générale d'une fonctionnelle partiellement additive et continue dans* R_T *est donnée par la formule* ($\star$), *où les fonctions* $\Phi(\mu).e$ et $\Phi^{(0)}.e$ *sont absolument continues et satisfont aux conditions a et b du théorème* 1 *et à la condition complémentaire c* : $|\Phi(\mu)|\leq KT(\mu)I+\Phi^\star$ ($K=$ const., $\Phi^\star.e$ *est absolument continue*).

Remarque. — Pour l'espace R_c^*, $T_{(\gamma)}\leq 1$ et $|\Phi(\gamma)|\leq\Phi^{\star\star}$ ($\Phi^\star$ est absolument continue).

Indiquons, finalement, les formes générales des fonctionnelles partiellement additives dans quelques espaces concrets.

THÉORÈME 4. — *La forme générale d'une fonctionnelle partiellement additive et continue dans* $\widetilde{M}$ (*le* K-*espace des fonctions mesurables et bornées*

essentiellement) est donnée par la formule

$$(\star\star) \qquad \mathcal{F}(x) = \int_E \varphi[x(t), t]\, dt,$$

où a. pour chaque μ *fixe* $\varphi(\mu, t) \in L$;

b. $\varphi(\mu, t)$ *est continue par rapport à* μ;

c. $\varphi(0, t) = 0$ *presque partout*;

d. $|\varphi(\mu, t)| \leqq \varphi^\star(t)$ $(\alpha \leqq \mu \leqq \beta,\ \varphi^\star \in L)$.

Théorème 5. — *La forme générale d'une fonctionnelle partiellement additive et continue dans* L^p (³) *(l'espace des fonctions à* $p^{\text{ième}}$ *puissance sommable) est donnée par la formule* $(\star\star)$, *où la fonction* $\varphi(\mu, t)$ *satisfait aux conditions a, b et c du théorème 4, et à la condition complémentaire*

$$(d) \qquad |\varphi(\mu, t)| \leqq K|\mu|^p + \varphi^\star(t) \qquad (K = \text{const.},\ \varphi^\star \in L).$$

Théorème 6. — *La forme générale d'une fonctionnelle partiellement additive et continue dans S (le K-espace des fonctions mesurables) est donnée par la formule* $(\star\star)$, *où la fonction* $\varphi(\mu, t)$ *satisfait aux conditions a, b et c du théorème 4, et à la condition complémentaire*

$$(d) \qquad |\varphi(\mu, t)| \leqq \varphi^\star(t) \qquad (-\infty < \mu < \infty,\ \varphi^\star \in L).$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les zéros de quelques fonctions entières.* Note (¹) de M. **Nikola Obrechkoff**, présentée par M. Paul Montel.

Considérons la fonction entière

$$(1) \qquad f(z) = c_1 e^{a_1 z} + c_2 e^{a_2 z} + \ldots + c_n e^{a_n z},$$

où $a_1, a_2, \ldots, a_n$ sont des nombres complexes arbitraires différents et $c_1, c_2, \ldots, c_n$ des nombres complexes différents de zéro. Désignons par $\overline{A}$ le plus petit polygone convexe qui contient tous les points $\overline{a}_\nu$ et par L_1, $L_2, \ldots, L_m$ les demi-droites issues de l'origine $z = 0$ et perpendiculaires aux côtés du polygone $\overline{A}$. M. Pólya (²) a démontré que les zéros de la fonction (1) s'accumulent autour des droites L_p entre des lignes logarithmiques et que, si l'on désigne par $N_p(r)$ le nombre des zéros autour

(³) Voir A. Pinsker, *C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, VII, nº 7, p. 397-399.

(¹) Séance du 27 décembre 1938.

(²) G. Pólya, *Sitz. Berichte der Bayer. Akad. der Wiss.*, 1920, p. 285-290.

de L_p dont le module ne surpasse pas r, on a

$$N_p(r) = \frac{l_p}{2\pi} r + O(\log r),$$

où l_p est la longueur du côté perpendiculaire à la droite L_p. Des recherches ultérieures ([3]) n'ont pas précisé ce résultat. Dans cette Note, nous démontrons le théorème le plus précis.

THÉORÈME I. — *Il existe des droites L'_p et L''_p parallèles à la droite L_p et de part et d'autre de cette droite ($p = 1, 2, \ldots, m$) découpant dans le plan une région étoilée G qui contient tous les zéros de la fonction $f(z)$. Pour le nombre des zéros de module $\leq r$, correspondant à la direction L_p, on a*

$$(2) \qquad N_p(r) = \frac{l_p}{2\pi} r + O(1),$$

où l_p est la longueur du côté perpendiculaire à L_p.

Par un changement linéaire de variable on peut supposer par exemple que $a_1 > 0$, $a_2 < 0$, $\overline{a}_\nu = \alpha_\nu - i\beta_\nu$, $\beta_\nu \geq 0$, $a_1, a_2, \ldots, \overline{a}_m$ étant les sommets du $\overline{A}$. La direction L_1 coïncide avec la partie positive de l'axe imaginaire. Désignons par S la droite perpendiculaire à la droite $a_1\overline{a}_3$, $\overline{a}_3$ étant le sommet voisin de a_1. Soient g et h deux nombres positifs; désignons par Γ le domaine des points z, $R(z) \geq g$, qui se trouvent au-dessus de la droite T parallèle à la droite S et qui passe par le point hi. Pour chaque $z = x + iy$ de Γ, on a

$$(3) \qquad x \geq g, \qquad y \geq h + \frac{\alpha_3 - a_1}{\beta_3} x.$$

On voit facilement que, pour chaque $\overline{a}_k = \alpha_k - i\beta_k$, $\beta_k > 0$, on a aussi

$$(4) \qquad y \geq h + \frac{\alpha_k - a_1}{\beta_k} x.$$

La fonction (1) peut s'écrire

$$(5) \qquad f(z) = c_1 e^{a_1 z}[1 + \eta(z)], \qquad \text{où} \quad \eta(z) = \sum_{p=2}^{n} \frac{c_p}{c_1} e^{(a_p - a_1)z}, \qquad C = \sum_{p=2}^{n} \left| \frac{c_p}{c_1} \right|.$$

Choisissons g et h assez grands pour que, pour chaque $\beta_p > 0$, on ait $e^{-h\beta_p} < 1/2C$ et pour chaque $\beta_k = 0$, $a_k = a_1$, on ait $e^{-g(a_1 - a_k)} < 1/2C$. Alors,

---

([3]) Voir pour la littérature M. REGENSBURGER, *Mathematische Annalen*, **111**, 1936, p. 505-540.

nous avons dans Γ, à cause de (3) et (4),

$$|\eta(z)| < \frac{1}{|c_1|} \sum_p |c_p| e^{(\alpha_p - a_1)x - \beta_p y} + \frac{1}{|c_1|} \sum_k |c_k| e^{(a_k - a_1)x}$$
$$< \frac{1}{|c_1|} \sum_p |c_p| e^{-h\beta_p} \qquad + \frac{1}{|c_1|} \sum_k |c_k| e^{-g(a_1 - a_p)} < \frac{1}{2}.$$

Donc dans l'angle Γ, la fonction $f(z)$ est différente de zéro.

La formule (2) se démontre en considérant la variation de l'argument Φ de $f(z)$ lorsque z parcourt le quadrilatère ABCD de sommets

$$-g_1 + i\omega, \quad g + i\omega, \quad g + it, \quad -g_1 + it \qquad (g_1 > 0, \ t > \omega > 0).$$

Sur BC la fonction (1) a la forme (5) et sur DA on a

$$f(z) = c_2 e^{a_2 z}[1 + \eta_1(z)] \qquad \left(|\eta_1| < \frac{1}{2}\right).$$

Donc, sur ces deux côtés, Φ varie de $(a_1 - a_2)(t - \omega) + \delta$, où $|\delta| < 2\pi$. On voit facilement que la variation de Φ sur les côtés AB et CD est bornée uniformément pour $t > \omega$. En effet, pour CD on a $f(z) = P_t(x) + i Q_t(x)$, les fonctions entières $P_t(x)$ et $Q_t(x)$ étant bornées uniformément dans chaque domaine fini pour chaque $t > \omega$. Donc le nombre de leurs zéros dans $-g_1 \leq x \leq g$ est borné uniformément pour $t \to \infty$, ce que l'on voit par exemple en utilisant la formule de Jensen. Ainsi le théorème est démontré.

On a un résultat analogue pour les zéros de la fonction

$$F(z) = P_1(z) e^{a_1 z} + P_2(z) e^{a_2 z} + \ldots + P_n(z) e^{a_n z},$$

où $P_1(z), \ldots, P_n(z)$ sont des polynomes, considérée aussi par M. Pólya.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions holomorphes dans le cercle unité.* Note de M. **Chi-Tai Chuang**, présentée par M. Paul Montel.

Dans cette Note je vais donner quelques théorèmes généraux sur les fonctions holomorphes dans le cercle unité. Ces théorèmes sont démontrés par une méthode donnée récemment par M. Macintyre (1), moyennant certaines modifications convenables.

(1) *Math. Zeit.*, **44**, Heft 4, 1938, p. 536-540.

1. Je me base sur le lemme suivant :

LEMME. — *Soient* $\alpha > 0$, $0 < \lambda < 1$ *des nombres donnés, et* $g(x)$ *une fonction réelle donnée vérifiant les conditions suivantes :* 1° $g(x)$ *est définie pour* $x \geqq 0$; 2° $g(x)$ *est continue et croît indéfiniment pour* $x > X(g)$. *Soit* $g^{-1}(y)$ *la fonction inverse de* $g(x)$, *restreinte à* $x > X(g)$. *Supposons que la condition*

$$\frac{1}{15\alpha} g(n) \log \frac{1}{\lambda} > \log n \qquad (n \text{ entier})$$

soit vérifiée pour $n > n(\alpha, \lambda, g)$. *Dans ces conditions, il existe des nombres* $a = a(\alpha, \lambda, g)$, $b = b(\alpha, \lambda, g)$, $c = c(\alpha, \lambda, g)$ *jouissant des propriétés suivantes : Si* $\mu(t)$ *est une fonction convexe et croissante pour* $t < 0$, *si sa dérivée à droite* $\mu'_+(t)$ *est* $\geqq 1$ *pour* $t < 0$, *et s'il existe un entier* $n = n(\mu, g)$ *tel que*

$$\mu(t) > nt + g(n) \qquad \text{pour} \quad t < 0,$$

on peut trouver trois points $t_1 < t_2 < t_3$ *dans l'intervalle*

$$-\gamma < t < 0, \qquad \gamma = \frac{\alpha}{1-\lambda} + \frac{2}{\alpha} + 2\alpha,$$

vérifiant les conditions suivantes :

$$\mu(t_2) - \mu(t_1) = \mu(t_3) - \mu(t_2) = \alpha, \qquad \lambda(t_2 - t_1) \leqq t_3 - t_2 \leqq t_2 - t_1,$$

et

$$\mu(t_2) > a, \qquad \mu'_+(t_2) \leqq [b + \mu(t_2)]^2 g^{-1}\left[c + \frac{5}{3}\mu(t_2)\right].$$

Ce lemme me permet de parvenir au théorème suivant :

THÉORÈME. — *Soient* $k \geqq 1$ *un entier donné et* $g(x)$ *une fonction réelle donnée vérifiant les conditions* 1° *et* 2° *du lemme, et les conditions suivantes :*

$$\lim_{n \to \infty} \frac{g(n)}{n} = 0, \qquad \varliminf_{n \to \infty} \frac{g(n)}{\log n} > ak^{10} \qquad (n \text{ entier}),$$

a étant une constante positive numérique. Soit $g^{-1}(y)$ *la fonction inverse de* $g(x)$, *restreinte à* $x > X(g)$. *Il existe des nombres positifs* $\lambda(k, g)$, $\alpha(k)$, $\beta(k)$, $\beta'(k)$, $\beta_p(k)$ *jouissant des propriétés suivantes. Si*

$$f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n z^n$$

est une fonction holomorphe pour $|z| < 1$, *qui n'est pas majorée par*

$$\lambda(k, g)\left[S + \sum_{i=0}^{k-1} |c_i|\right] \sum_{n=0}^{\infty} e^{g(n)} z^n,$$

où S *est un nombre positif arbitrairement donné, on peut trouver dans la couronne* $\alpha(k) < |z| < 1$, *un cercle* $|z| = r[r = r(k, g, f, S)]$, *vérifiant la condition* $M(r, f) > S$, *et* k *domaines* $D_i[D_i = D_i(r, f, \omega), i = 1, 2, \ldots, k]$, *traversés par le cercle* $|z| = r$, *dans lesquels* $f(z)$ *se comporte comme suit :*

1° $f(z)$ *est univalente dans* D_i *et représente ce domaine sur la couronne fendue*

$$\frac{1}{2} M(r, f) < |Z| < 2M(r, f), \qquad |\arg Z - \omega| < \pi \qquad (\omega, \textit{arbitraire}).$$

2° *Si* $1 \leq n \leq k$, *dans* D_i, *l'argument de* $f^{(n)}(z)$ *varie de moins de* 3π, *et l'on a*

$$\frac{1}{3} < \left|\frac{f^{(n)}(z)}{H_n f(z)}\right| < 3, \qquad \beta'(k) < H_n^{\frac{1}{n}} < \beta(k)\left[\log\frac{M(r,f)}{S}\right]^2 g^{-1}\left[2\log\frac{M(r,f)}{S}\right],$$

H_n *étant un nombre dépendant de* r, $f(z)$, k, *et* n.

3° *Si* $1 \leq n \leq p$, *on a dans* D_i,

$$|f^{(n)}(z)| < \beta_p(k) M(r,f)\left[\log\frac{M(r,f)}{S}\right]^{2p} g^{-1}\left[2\log\frac{M(r,f)}{S}\right]^p.$$

Ce théorème est une extension d'un théorème ([2]) que j'ai obtenu par les méthodes de M. Valiron ([3]) et de M. Bloch ([4]).

2. Si l'on néglige les propriétés des dérivées de la fonction $f(z)$, il suffit de supposer que la fonction $g(x)$ est définie pour les entiers positifs, et vérifie les conditions

$$\lim_{n\to\infty}\frac{g(n)}{n} = 0, \qquad \lim_{n\to\infty}\frac{g(n)}{\log n} > bk^2,$$

b étant une constante positive numérique, et l'on a une proposition analogue au théorème donné ci-dessus et plus précise. Ces théorèmes permettent d'obtenir des majorations des fonctions holomorphes vérifiant certaines conditions, meilleures que celles que j'ai obtenues précédemment (*loc. cit.*).

([2]) Un premier énoncé de ce théorème est donné dans les *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 978-981. L'énoncé définitif figure dans ma Thèse, p. 1-88, présentée à la Faculté des Sciences.

([3]) *Annales École normale*, 3e série, **38**, 1920, p. 219-253; **39**, 1921, p. 389-429.

([4]) *Annales Fac. Sc. Toulouse*, 3e série, **17**, 1925, p. 1-22.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions d'une variable complexe définies par une relation linéaire entre la variable et le logarithme de la fonction, les coefficients étant des polynomes par rapport à la fonction.* Note de M. **Éloi Lefebvre**, présentée par M. Paul Montel.

P. Boutroux a considéré, à titre d'exemple (¹), la fonction $z(x)$ définie par

$$(\beta) \qquad z - \mathrm{L}z = x \qquad (z = \rho e^{i\theta},\ x = le^{it}).$$

Nous avons repris l'étude de cette fonction et montré qu'elle possède les propriétés suivantes :

(P_1). — Il n'existe qu'une valeur de z_k pour laquelle

$$2(k-1)\pi < \theta_k < 2k\pi.$$

(P_2). — Quand x décrit un rayon, l croissant de l_0 à l'infini dans un demi-plan déterminé, la variation de θ_k, pour une branche dite (o), est finie, tandis que pour une branche dite (e), θ croît comme l. Il peut exister une branche (e).

Nous avons considéré ensuite $z(x)$ définie par

$$(\gamma) \qquad z\mathrm{L}z = x,$$

et montré qu'elle possède, en général, (P_1) mais non (P_2). Par contre, elle possède une autre propriété (P_3).

(P_3). — Si l'on désigne, pour $x = x_0$ voisin de l'origine, par $\bar{z}_{k-1}$, $\bar{z}_k$, $\bar{z}_{k+1}$, ... la suite des valeurs z rangées par ordre d'arguments croissants et par $\bar{\bar{z}}_{k-1}$, $\bar{\bar{z}}_k$, $\bar{\bar{z}}_{k+1}$, ... les valeurs des branches correspondantes quand x a tourné autour de l'origine, on a

$$\bar{\bar{z}}_{k-1} = \bar{z}_k, \qquad \bar{\bar{z}}_k = \bar{z}_{k+1}, \qquad \ldots \qquad \text{ou} \qquad \bar{\bar{z}}_k = \bar{z}_{k-1}, \qquad \bar{\bar{z}}_{k+1} = \bar{\bar{z}}, \qquad \ldots$$

Nous nous sommes alors proposé l'étude de $z(x)$ définie par

$$(1) \qquad \mathrm{PL}z + \mathrm{Q} = x\mathrm{R},$$

P, Q, R étant des polynomes en z de degrés p, q, r.

En désignant par M et N des polynomes en z, nous montrons, par la possibilité de résoudre l'équation

$$(\alpha) \qquad \mathrm{ML}z - \mathrm{N} = 0,$$

(¹) *Leçons sur les fonctions définies par les équations différentielles du premier ordre*, Paris, 1908, p. 85-88.

que *l'on peut, pour une valeur x donnée, déterminer toutes les valeurs z_k qui vérifient* (1), mais il n'en résulte aucun renseignement précis sur la nature de ces valeurs.

On peut au contraire, pour $k > K$ assez grand, déterminer les z_k par des suites d'approximations, les valeurs initiales étant fournies par les racines d'équations (β') ou (γ') analogues à (β) et (γ). On obtient alors le résultat suivant qui généralise (P_1) :

Le nombre des valeurs z_k est le plus grand des nombres p, q, r. En cherchant comment se répartissent les z_k quand k croît, nous trouvons que *p valeurs de z_k sont voisines des racines de $P = 0$ et, si $q > p$ ou $r > q$, $(q - p)$ ou $(r - p)$ des z_k sont voisines des racines d'une équation*

$$(\beta') \qquad z^n - \lambda L z = 0.$$

Nous étudions ensuite la croissance d'une branche z_k, supposée (o), pour l croissant indéfiniment, t restant fixe, et trouvons que *z_k tend vers une racine de $R = 0$ ou croît comme $z(x)$ définie par*

$$(\gamma') \qquad z^n L z = x \qquad (n = p - r),$$

si p est supérieur à q et r. Si q est supérieur à p et r, $|z_k|$ croît comme $|x|^{1/n'}$, où $n' = q - r$.

En admettant l'existence d'une branche (e), nous montrons que, *si $p \neq r$, cette branche (e) tend vers* o.

Nous montrons qu'*il existe une seule branche (e) pour x placé dans un demi-plan déterminé, les premiers coefficients $P(0)$ et $R(0)$ n'étant pas nuls,* résultat qui généralise (P_2) pour $z(x)$ définie par (1).

Si, $p = r$, il peut exister une branche (e) qui croît indéfiniment. Les singularités de $z(x)$ sont de trois sortes :

1° Un ensemble de points critiques algébriques ξ qui peut admettre comme points-limites : l'infini, l'origine et $X = Q(0)/R(0)$.

2° Un point transcendant essentiel, au sens de Painlevé, à l'infini.

3° L'origine, si r est supérieur à p et q, et X, si P(o), sont des points transcendants ordinaires et peuvent être, en outre, limites de ξ.

Si x tourne autour de O *ou de* X, *les z_k grandes ou voisines de* O *avancent ou reculent d'un rang dans la suite des valeurs initiales*, ce qui généralise (P_3).

L'ensemble des z_k appartient à une fonction analytique unique, c'est-à-dire que *l'on peut faire décrire par x un contour fermé tel que deux branches quelconques z_A et z_B s'échangent.*

En définitive, cette étude a conduit notamment aux résultats suivants :

1° Procédé de numérotage des déterminations d'une même fonction qui, pour $z(x)$ définie par (1), procède suivant les θ croissants, θ étant ici l'élément qui différencie, pour la croissance, cette fonction d'une fonction algébrique et $\log\rho$ n'ayant qu'une influence négligeable. On est ainsi conduit à l'étude, pour k infini, de la suite des z_k, problème ici résolu.

2° Mise en évidence du rôle des fonctions simples, que l'on peut appeler asymptotiques, puisqu'elles ont même croissance que la fonction considérée et que leurs valeurs peuvent être prises pour valeurs initiales pour la détermination par approximations des valeurs de celle-ci. Ce sont, pour les fonctions définies par (1), les fonctions définies par (β) et (γ) et celles qui s'en déduisent.

Remarquons que les fonctions algébrico-logarithmiques introduites par l'intégration d'une fraction rationnelle, dans le cas le plus simple, appartiennent à la famille des fonctions définies par (1).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur un procédé de mesure de la vitesse du front d'un jet gazeux.* Note [1] de M. **Oleg Yadoff**, présentée par M. Henri Villat.

On peut mesurer directement la vitesse du front d'un jet gazeux, même très rapide, au moyen du dispositif représenté schématiquement sur la figure ci-après. Il s'applique particulièrement bien aux jets hypersoniques dans lesquels le front est discontinu.

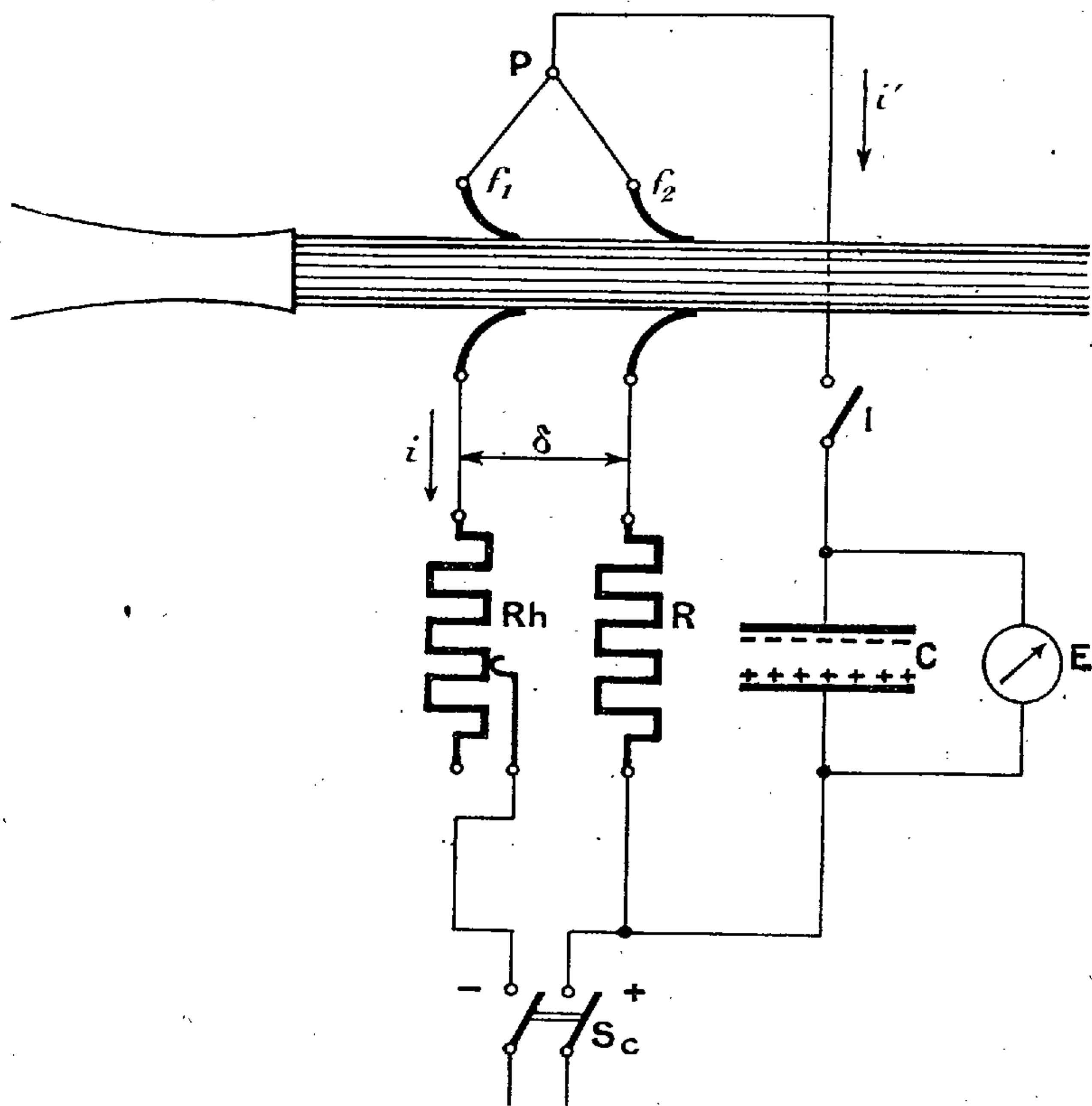
Le principe de fonctionnement est très simple : on forme préalablement un circuit électrique alimenté par une source de courant continu S_c et comprenant en série deux fils identiques f_1 et f_2, très minces et fragiles, en or par exemple, une forte résistance non inductive R et un rhéostat de mise au point Rh. Le point commum de ces deux fils est connecté à un condensateur C dont le plateau opposé est relié à l'autre pôle du circuit. La tension aux bornes du condensateur est contrôlée par un électromètre très sensible. A la fermeture du circuit un courant i s'établit dans la branche comprenant les deux fils f_1 et f_2. Une différence de potentiel s'établit au point P en fonction de ce courant i et provoque ainsi la charge

---

(1) Séance du 27 décembre 1938.

du condensateur C, d'une quantité d'électricité correspondante q; l'électromètre E indique alors la différence de potentiel à ses bornes.

Pour mesurer une vitesse de la tête d'un jet gazeux, hyposonique ou hypersonique, il suffit de projeter ce jet sur les fils f_1 et f_2, espacés d'une certaine distance δ et disposés géométriquement de telle façon que le jet puisse les rencontrer et les couper l'un après l'autre. Lorsque le premier fil



est rompu, la différence de potentiel varie instantanément et provoque la décharge du condensateur à travers le circuit comportant le fil f_2, encore non coupé. L'électromètre démarre aussitôt, mais s'arrête au moment où le second fil f_2 est coupé à son tour. Le condensateur se décharge alors d'une certaine quantité d'électricité $q' = i't$, et sa tension tombe de U à U'. Prenant la valeur moyenne U_m de la tension à la décharge et relevant la chute de tension $\varepsilon = U - U'$, nous pouvons former une relation simple $v = U_m \delta / CR\varepsilon$ donnant directement la vitesse cherchée. Dans cette expres-

sion la vitesse v sera en mètres-seconde, si la tension U_m et la chute de tension ε sont en volts, si la distance entre les fils δ est en mètres, la capacité C en farads et la résistance R en ohms.

Par exemple, avec un rapport de pression $P_o : P_a$ (pression du réservoir sur pression atmosphérique) égal à 2,5 et pour une distance entre fils de 5^{cm}, on observe, lorsque le condensateur de $1{,}5 f$ se décharge sous tension moyenne de 100 volts, sur une résistance R égale à 10^4 ohms, que la chute de l'électromètre est de 8 volts.

La valeur de la vitesse cherchée est donnée alors par la formule

$$v = \frac{100.0{,}005}{1{,}5.10^{-7}.10^4.8} = 416 \text{ m : s.}$$

Pour un rapport $P_o : P_a$ égal à 2, la décharge du condensateur correspond à 10 volts; au moyen du rhéostat de mise au point on s'arrange de telle façon que la tension moyenne U_m reste à 100 volts. La formule donne alors

$$v = \frac{100.0{,}005}{1{,}5.10^{-7}.10^4.10} = 335 \text{ m : s.}$$

Faisant varier le rapport $P_o : P_a$, on peut tracer ainsi la courbe des vitesses en fonction des pressions, et cela aussi bien pour les régimes des propagations des ondes de choc, hypersoniques que hyposoniques. Une graduation bien appropriée de l'appareil permettrait la lecture directe des vitesses; l'électromètre remplirait alors les fonctions d'un anémomètre.

ACOUSTIQUE. — *La vitesse du son dans les mélanges binaires des liquides, par une méthode de résonance.* Note (¹) de M. **Constantin Sălceanu**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans cette Note nous indiquerons les résultats obtenus à l'aide d'une méthode de résonance déjà décrite (²), dans le cas de deux mélanges binaires : eau-alcool éthylique et acétone-alcool butylique.

On sait que le coefficient de compressibilité β intervient dans la formule de Bungetzianu donnant la vitesse du son dans un milieu liquide. Les

(¹) Séance du 27 décembre 1938.
(²) C. Sălceanu, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1219.

déterminations de β pour les mélanges binaires ne sont pas nombreuses. Pour le mélange eau-alcool éthylique nous avons utilisé les valeurs de Pagliani ([3]) pour β à 20° C. Nous y avons ajouté les valeurs de β pour l'eau : $\beta = 45{,}3 \times 10^{-6}$, et pour l'alcool éthylique : $\beta = 104 \times 10^{-6} (t = 20°)$.

La courbe indiquée sur la figure 1 par une flèche dirigée à droite représente la variation de β en fonction de la densité du mélange eau-alcool éthylique. Nous nous sommes servi de cette courbe pour calculer les vitesses du son pour ce mélange. La courbe des vitesses est représentée figure 1 par un

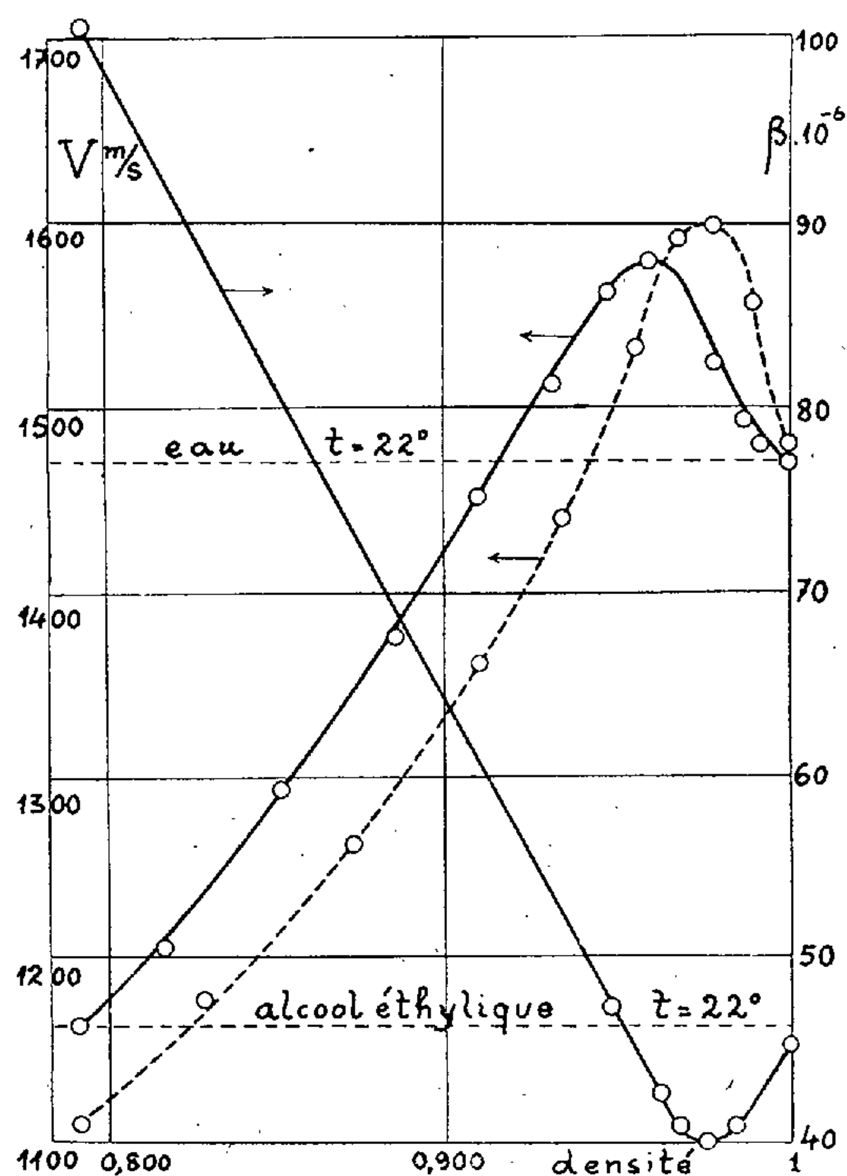


Fig. 1.

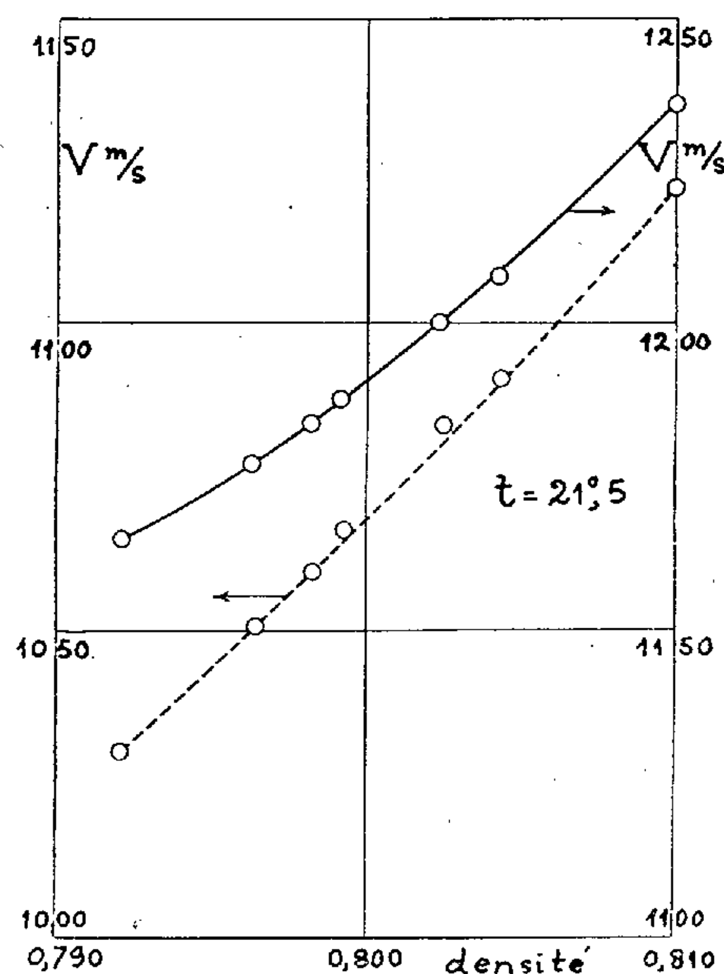


Fig. 2.

trait continu. Elle a un maximum pour 1570 m/sec, correspondant à la densité 0,963. Jusqu'à ce maximum l'accroissement des vitesses est presque linéaire. La courbe représentée en traits interrompus est calculée d'après la formule de Newton-Laplace pour le même mélange eau-alcool éthylique, elle présente un maximum à 1600 m/sec correspondant à la densité 0,978. Le décalage des deux maxima est donné directement par les colonnes de

([3]) *Tables de Landolt-Börnstein*, 1912, p. 62.

résonance qui passent par un maximum pour le mélange correspondant à la densité 0,963.

Nous avons constaté un maximum analogue des colonnes de résonance, et pour la même densité (0,963), dans le cas des mélanges eau-acétone. Dans ce dernier cas nous n'avons pas pu construire la courbe des vitesses du son parce que nous n'avons pas trouvé les valeurs de β pour les diverses densités de ce mélange.

La figure 2 représente un autre aspect de la variation de la vitesse du son; elle se rapporte au mélange acétone-alcool butylique. La courbe présente la convexité vers l'axe des densités. La courbe en traits interrompus est calculée d'après la relation de Newton-Laplace. Comme l'influence du coefficient β est petite sur le facteur de correction U de la formule qui exprime la vitesse du son, soit $U = 1,032$ pour $\beta \times 10^{-6} = 120$ dans le cas de l'acétone, et $U = 1,039$ pour $\beta \times 10^{-6} = 99$ dans le cas de l'alcool butylique, nous avons considéré les valeurs de β comme étant proportionnelles aux densités respectives du mélange. Les erreurs commises dans ce cas sur les vitesses respectives sont négligeables. L'allure de la courbe des vitesses est donnée par l'allure des colonnes de résonance correspondant aux diverses densités de mélange.

OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES. — *Sur le fonctionnement des oscillateurs à gaz ionisé dans le champ magnétique*. Note [1] de M. **Théodore V. Ionescu**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai montré que, si un anneau en nickel, dont le potentiel est plus grand que 1000 volts, se trouve dans un champ magnétique entre deux plaques en aluminium, des oscillations de très grande fréquence se produisent [2].

J'ai précisé les conditions physiques dans lesquelles se produisent ces oscillations. J'ai montré qu'il fallait considérer non seulement la pression (p) du gaz, la différence de potentiel ($V_a - V_p$) entre l'anneau et les plaques et le champ magnétique (H), mais aussi l'émission électronique secondaire des plaques. J'ai cherché à expliquer ces oscillations.

J'ai étudié d'abord l'émission secondaire dans le champ magnétique. J'ai employé un tube où les électrons produits par un filament chauffé

---

[1] Séance du 3 janvier 1939.

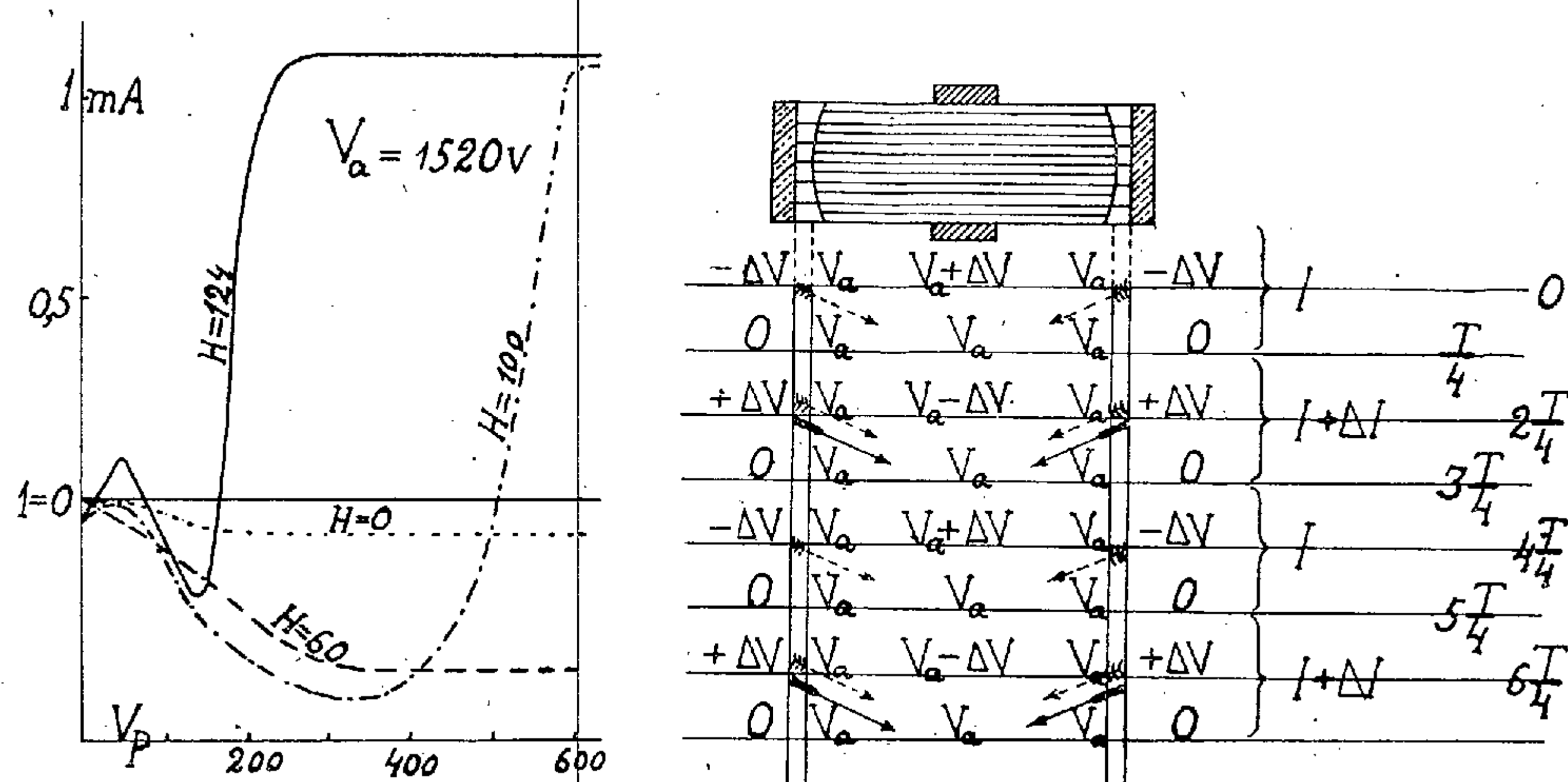
[2] *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1411, et 207, 1938, p. 54.

sont accélérés par une première grille, puis par un anneau et sont ensuite captés par une plaque en nickel située à 8cm de distance de l'anneau. Le tube est placé dans un champ magnétique parallèle à son axe. La pression a été de quelques dix-millièmes de mm Hg. Deux cas sont à considérer :

1° Le potentiel de la plaque décroît par rapport à celui de l'anneau ([3]) : il y a principalement deux catégories d'électrons : des électrons dont la force vive correspond à la différence de potentiel ($V_a - V_f$) entre le filament et l'anneau et des électrons à vitesse constante dont la force vive est plus petite.

2° Le potentiel de l'anneau est plus grand que 800 volts et le potentiel de la plaque augmente par rapport au filament.

On obtient les courbes représentées par la figure. Pour toutes ces



courbes, le potentiel de l'anneau a été de 1520 volts par rapport au filament. La valeur du champ est indiquée sur les courbes. Elles peuvent être interprétées de la façon suivante : Le nombre des électrons à grande vitesse qui arrivent à la plaque, augmente avec le champ. Si le potentiel de la plaque croît, ces électrons acquièrent la force vive $1/2\, mv^2 = V_p e$, suffisante pour produire une émission secondaire. Le nombre des électrons émis peut être plus grand que celui qui arrive à la plaque.

Pour une certaine valeur V_p le courant augmente rapidement.

Dans les lampes à trois électrodes à grille positive, bien vidées, cette augmen-

([3]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1160.

tation a lieu au moment où la plaque a le même potentiel que la grille, tandis que dans ces expériences l'augmentation apparaît pour une valeur V_p *de la plaque, d'autant plus petite que le champ magnétique est plus grand.*

L'explication est la suivante : Les électrons à vitesse constante se meuvent dans un cylindre de gaz ionisé dont le potentiel est le même que celui de l'anneau. A la surface de ce cylindre existe une barrière de potentiel, de sorte que la chute de potentiel dans la couche correspond à la force vive des électrons. Les électrons à vitesse constante se réfléchissent donc dans cette couche. Au moment où le potentiel de la plaque est égal au potentiel de l'anneau moins la variation de potentiel dans la couche, ces électrons qui arrivent à cette surface sont captés par la plaque et le courant monte rapidement.

Si la pression du gaz est comprise entre 8×10^{-3} et 5×10^{-2}mm Hg et si le champ magnétique a une valeur suffisante, le cylindre à potentiel constant qui se trouve entre les plaques d'aluminium est très lumineux. La force vive des électrons à vitesse constante est alors petite, la différence de potentiel entre les plaques et le cylindre est à peu près égale à V_a, car $V_p = 0$.

Les ions positifs qui sont accélérés entre le cylindre et les plaques frappent les plaques et produisent des électrons secondaires; ces derniers sont accélérés entre les plaques et le cylindre ionisé et pénètrent dans ce dernier; ils sont réfléchis à l'autre bout. A chaque traversée ils perdent de l'énergie en ionisant le gaz et finalement ils sont captés par l'anneau.

Dans les montages déjà décrits ([2]) la variation de potentiel des deux plaques est la même et en opposition de phase avec la variation de potentiel de l'anneau. Sur le schéma on peut facilement suivre ces variations. Si la durée d'une traversée est égale à T/2, les lignes figurées se succèdent à des intervalles de temps égaux à T/4. Tant que les plaques sont au potentiel $-\Delta V$ les électrons produits par les ions positifs acquièrent une énergie égale à $(V_a + \Delta V) \times e$; ils traversent l'anneau et arrivent aux plaques opposées au moment où ces plaques sont au potentiel $+\Delta V$, donc ces électrons ont un excès d'énergie égal $2\Delta V \times e$. Ils produisent une forte émission d'électrons secondaires qui gagnent entre les plaques et le cylindre l'énergie $(V_a - \Delta V) \times e$. Après le temps T/2, ils arrivent aux plaques opposées qui sont de nouveau au potentiel $-\Delta V$. Ils ne peuvent pas traverser l'espace entre les plaques et le cylindre et, par conséquent, l'émission est produite par les seuls ions positifs. On voit donc qu'une seule fois par période il y a une augmentation ΔI du courant. Ces variations peuvent être très grandes, car pendant le fonctionnement de l'oscil-

lateur le courant passe de 0,01 à 0,04 ampère. Si les plaques subissent simultanément la même variation de potentiel, des oscillations dont la fréquence ν est égale à 1/T, 3/T, 5/T, etc., sont possibles (²).

Si les variations des potentiels des plaques sont en opposition de phase, tandis que le potentiel V_a de l'anneau reste constant, les oscillations possibles sont seulement celles pour lesquelles ν est égal à 2/T, 4/T etc.

ÉLECTROCHIMIE. — *Application de la méthode conductimétrique au dosage simultané de l'acide molybdique et de l'ammoniaque dans les molybdates ammoniacaux*. Note de Mme **Zina Soubarew-Chatelain**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai décrit (¹) les variations de conductibilité qu'éprouvent les solutions diluées d'acide molybdique au cours de leur neutralisation et montré notamment que la neutralisation complète en MoO^4Na^2 par la soude était indiquée par un point anguleux.

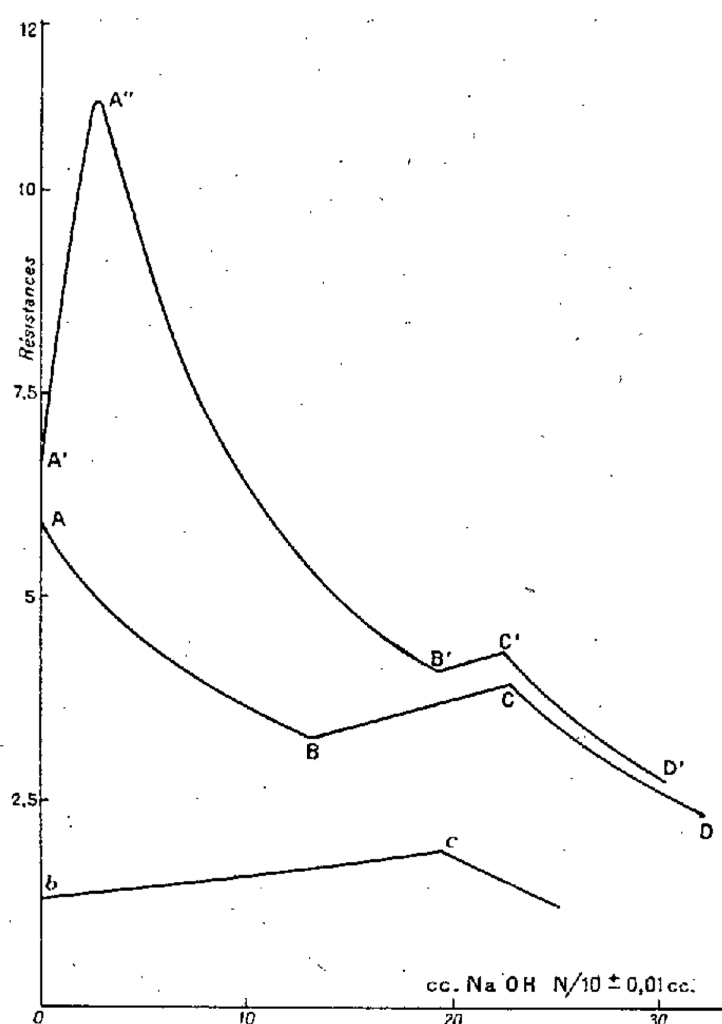
Le dosage de l'ammoniaque par conductimétrie a déjà été décrit par Kolthoff (²). La libération d'une base faible par une base forte est indiquée sur la courbe de titrage par une portion de droite comprise entre deux points anguleux.

L'emploi d'un montage conductimétrique sensible permet de rendre ces dosages très précis. J'ai utilisé un montage en pont de Wheatstone alimenté par un oscillateur à lampe. L'appareil de zéro, constitué généralement par un écouteur téléphonique, a été remplacé par un microampèremètre, le courant électrique ayant passé successivement dans un amplificateur à lampes et un redresseur à contact solide. Le microampèremètre présente sur l'écouteur téléphonique l'avantage d'éliminer le facteur personnel de sensibilité auditive, et il permet en outre de suivre plus exactement les variations de conductibilité, en particulier dans le voisinage des points anguleux.

Examinons la courbe concernant le paramolybdate d'ammonium : suivant AB la soude neutralise le sel acide; en effet, la liqueur, en présence de pourpre de bromocrésol (³), a viré exactement au point B. En ce point,

(¹) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 222.
(²) *Konduktometrische Titrationen*, Dresde et Leipzig, 1923.
(³) A. Travers et Malaprade, *Bull. Soc. Chim.*, 39, 1926, p. 1414.

la liqueur contient la totalité de l'acide molybdique tant sous forme de molybdate neutre d'ammonium $MoO^4(NH^4)^2$ que sous forme de molybdate neutre de sodium MoN^4Na^2. Suivant BC, la soude déplace l'ammoniaque, de sorte qu'au point C la totalité de l'acide molybdique se trouve sous forme de molybdate de sodium. A partir du point C, la diminution de résistance de la solution est due à la soude en excès. On déduit de ce diagramme la quantité d'acide molybdique en excès par rapport à la



Courbe ABC, 7 MoO^3. 3$(NH^4)^2O$. 4H^2O; courbe A'B'C', 8 MoO^3. 3$(NH^4)^2O$. $n H^2O$; courbe *bc*, NH^4Cl.

composition du molybdate normal $MoO^4(NH^4)^2$ et celle de l'acide molybdique total contenu dans la liqueur.

Pour m'assurer de l'exactitude du dosage de l'ammoniaque, j'ai étudié l'action de la soude sur le chlorure d'ammonium en suivant les variations de conductibilité. Les résultats obtenus ont été pour une prise de $0^g,5$ de NH^4Cl

NH^4 calculé 33,64 pour 100, trouvé 33,66 pour 100.

Les quantités de MoO^3 et de $(NH^4)^2O$ trouvées pour le paramolybdate ont été, pour des prises d'essai de l'ordre de $0^g,2$ de $7MoO^3$, $3(NH^4)^2$, $4H^2O$,

	Trouvé.	Théoriquement.
MoO^3 pour 100................	$86,5 \pm 0,1$	86,59
$(NH^4)^2O$ pour 100.............	$13,4 \pm 0,1$	13,41 sur le sel anhydre

La courbe obtenue pour l'octomolybdate d'ammonium présente un premier point anguleux A″ très accentué qui est à rapprocher de celui obtenu lors de la neutralisation de l'acide molybdique par la soude. Dans la solution de l'octomolybdate d'ammonium se trouverait donc, par suite d'hydrolyse, de l'acide molybdique libre.

Résultats obtenus pour $8MoO^3(NH^4)^2O.nH^2O$:

	Trouvé.	Théoriquement.
MoO^3 pour 100................	$95,4 \pm 0,2$	95,68
$(NH^4)^2O$ pour 100.............	$4,6 \pm 0,2$	4,32 sur le sel anhydre

En ce qui concerne le dodécamolybdate, sel insoluble dans l'eau, on peut appliquer la même méthode. Pour cela, on transforme par la soude le sel ammoniacal en molybdate neutre de sodium en présence de bromocrésol. On transforme ensuite le molybdate neutre en acide molybdique au moyen d'une quantité équivalente d'acide chlorhydrique en suivant les variations de résistance de la solution. Finalement dans la solution il y a de l'acide molybdique, du chlorure de sodium et du chlorure d'ammonium. Ce dernier est titré par conductimétrie.

Résultats obtenus pour $12MoO^3.(NH^4)^2O.nH^2O$:

	Trouvé.	Théoriquement.
MoO^3 pour 100.................	$96,9 \pm 0,3$	96,91
$(NH^4)^2O$ pour 100..............	$3,0 \pm 0,3$	3,09 sur le sel anhydre

MAGNÉTISME. — *Caractères thermomagnétiques du sesquioxyde de fer cubique.* Note (¹) de MM. **Georges Chaudron** et **André Michel**, transmise par M. Pierre Weiss.

A propos d'une Note récente de M. Forrer (²), dans laquelle il a étudié des échantillons de sesquioxyde de fer préparés par M. Hilpert, nous nous proposons de préciser qu'il est possible d'interpréter complètement les propriétés thermomagnétiques de tous les échantillons de sesquioxyde de

(¹) Séance du 27 décembre 1938.

(²) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 670.

fer en ne faisant intervenir que les deux variétés connues : rhomboédrique et cubique. L'analyse thermomagnétique permet d'identifier ces deux formes : l'oxyde rhomboédrique est stable, faiblement ferromagnétique et possède un point de Curie à 675° [3]; la forme cubique, fortement ferromagnétique, est instable : à l'air elle se transforme vers 500° en la variété rhomboédrique et sous vide elle peut se dissocier facilement en magnétite et oxygène. Cette forme cubique peut être considérée comme le résultat d'une insertion d'atomes d'oxygène dans le réseau cristallin de la magnétite [4].

Nous avons montré que l'on peut stabiliser le sesquioxyde cubique en substituant aux groupes FeO des groupes alcalins comme Na^2O; ces solutions solides présentent alors un véritable point de Curie qui se déplace d'une façon continue, pour des teneurs croissantes en addition, de 675° (point de Curie extrapolé du Fe^2O^3 cubique pur) à 250° [5]. Bénard [6] a généralisé ces résultats en faisant jouer à d'autres métaux (Mn, Mg, Co), le rôle du métal alcalin : ces solutions solides sont, elles aussi, stables et possèdent un point de Curie situé entre 250° (solution solide limite) et 675° (corps pur). Enfin, Le Clerc a eu l'occasion de confirmer l'ensemble de ces observations en étudiant les catalyseurs à base d'oxydes de fer de la synthèse Fischer [7].

Toutes ces solutions solides, fortement ferromagnétiques, présentent, aux rayons X, la structure cubique. Mais il arrive que des préparations de sesquioxyde soient fortement ferromagnétiques et ne présentent aux rayons X que la seule structure rhomboédrique. Dans ce cas nous avons toujours pu, soit par analyse thermomagnétique, soit par l'essai de dissociation [8], déceler la présence de petites quantités de sesquioxyde cubique souvent microcristallin : ceci explique qu'il ait échappé à l'analyse cristalline.

De tels échantillons de sesquioxyde se rencontrent lors de l'étude de la lépidocrocite : c'est un fait bien connu [8] que l'hydrate FeO.OH

(3) G. CHAUDRON et H. FORESTIER, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 763; H. FORESTIER, *Thèse*, Paris, 1928; *Ann. Chimie*, 10e série, **9**, 1928, p. 57.

(4) A. MICHEL, *Thèse*, Paris, 1937; *Ann. Chimie*, 11e série, **8**, 1937, p. 317.

(5) A. MICHEL et G. CHAUDRON, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1191.

(6) J. BÉNARD et G. CHAUDRON, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1410.

(7) G. LE CLERC, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1099.

(8) A. GIRARD et G. CHAUDRON, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 406; S. GOLDZSTAUB, *Thèse*, Paris, 1934.

sous sa forme lépidocrocite donne par déshydratation douce du sesquioxyde cubique plus ou moins bien cristallisé, et par déshydratation brutale du cubique mélangé à du rhomboédrique. Nous avons d'ailleurs interprété la diversité des courbes thermomagnétiques obtenues par déshydratation de la lépidocrocite ([9]), grâce à une étude systématique de l'influence de l'état de cristallisation sur la forme des courbes aimantation-température ([10]).

La détermination des points de Curie est souvent délicate, surtout lorsque le sesquioxyde cubique est microcristallin. Sur des échantillons instables, même bien cristallisés, la détermination de ce point, par extrapolation, peut être entachée d'erreur, car on ne peut pas savoir si, à côté de la variation d'aimantation due à l'élévation de température, ne vient pas s'ajouter la perte de ferromagnétisme due à la destruction partielle de l'oxyde cubique. Enfin le chauffage peut provoquer une mise en solution solide d'impuretés stabilisantes, ou une homogénéisation, ce qui entraîne évidemment des déplacements de la température du point de Curie.

Pour ces raisons, il ne nous semble pas que les phénomènes présentés par certains échantillons de sesquioxyde cubique, dont les caractères thermomagnétiques varient par chauffage, puissent être rapprochés des changements d'état magnétique que manifestent certains paramagnétiques. Il faut cependant signaler que ce problème se pose pour les pyrrhotines (solutions solides de soufre dans FeS), qui existent sous deux états, l'un ferromagnétique, l'autre paramagnétique, états qui ne peuvent pas être différenciés par les diagrammes Debye-Scherrer. Mais les anomalies physiques qui accompagnent le passage d'un état à l'autre, en particulier l'anomalie dilatométrique, permettent de penser qu'il existe entre les deux états des différences cristallines importantes, soit dans l'état d'ionisation des éléments constituants, soit dans la position des atomes de soufre supplémentaires en insertion dans le réseau cristallin du sulfure ferreux ([4]).

([9]) A. Michel et Mlle M. Gallissot, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1252.

([10]) A. Michel et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2171; A. Michel et Mlle M. Gallissot, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 140.

OPTIQUE. — *Sur l'émission en bout des tubes luminescents. Résultats numériques.* Note de M. **Louis Dunoyer**, présentée par M. Charles Fabry.

Dans une précédente Note, nous avons donné les formules qui expriment le flux total émis en bout par un tube luminescent. Nous nous proposons d'indiquer les résultats auxquels ces formules nous ont conduit, après avoir calculé numériquement les diverses intégrales qui y figurent pour diverses valeurs de l'absorption.

I. Une première remarque est que le flux total émis ne dépend pas du coefficient d'absorption seul, mais de son produit par le rayon du tube. Pour abréger, nous appellerons ce produit $kr = a$ absorption radiale. Les fonctions $\Lambda(m)$ et $\mathrm{H}(m)$ et les intégrales où elles entrent ne dépendant que de la longueur du tube en demi-calibres M et de a auront la même valeur pour deux tubes géométriquement semblables et contenant deux fluides dont les coefficients d'absorption sont en raison inverse de leurs diamètres. On aura donc

$$\frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \frac{n_2^2}{n_1^2}\frac{\mathcal{J}_1}{\mathcal{J}_2} \quad \text{ou} \quad \frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \frac{n_2^2}{n_1^2}\frac{\sigma_1}{\sigma_2}.$$

Cette formule pourra peut-être fournir des indications intéressantes, par exemple sur la manière dont la concentration d'une solution fluorescente influe sur l'efficacité des centres de réémission.

II. *Fluide incandescent ou électroluminescent.* — Le calcul de l'intégrale $\int_0^{\mathrm{M}} \Lambda(m)\, dm$ permet de déterminer (formule 6) la *longueur utile*, celle à partir de laquelle le flux total n'augmente plus que d'une petite quantité, par exemple 1 pour 100, quand la longueur augmente indéfiniment. Pour un fluide infiniment peu absorbant, cette longueur utile est d'une vingtaine de calibres. Elle diminue très vite quand l'absorption radiale augmente, et tombe à 0,6 calibre environ pour $a = 2$.

Il résulte de là un procédé de mesure du coefficient d'absorption du fluide excité pour les radiations qu'il émet. On déterminera expérimentalement, en faisant varier la longueur du tube jusqu'à la longueur utile, le flux qu'il émet. On en déduira la courbe, en fonction de M, du flux émis rapporté au flux limite. D'autre part, nos calculs permettent de construire, pour chaque valeur donnée de M, la courbe, en fonction de a, du rapport du flux émis

au flux limite. L'abscisse du point de cette courbe de même ordonnée que le point d'abscisse M de la première fera connaître a et par suite, connaissant r le coefficient d'absorption h.

III. *Tubes photoluminescents excités en bout* (formule 8). — Le flux émis par le bout opposé, égal à zéro pour une longueur nulle, passe par un maximum puis revient vers zéro quand la longueur augmente. La longueur correspondant au maximum est de 0,39 calibre pour une absorption radiale nulle, et tombe à 0,125 calibre quand l'absorption radiale augmente jusqu'à 2. La notion de longueur utile est donc ici remplacée par celle de *longueur optimum*.

IV. *Tubes photoluminescents excités cylindriquement* (formules 10 et 11). — Le calcul des tables de la fonction $H(m)$ permet de montrer qu'il existe aux extrémités du tube une zone, de longueur à peu près égale au diamètre, où l'intensité des centres de réémission augmente à partir de l'extrémité, cette augmentation pouvant atteindre 50 pour 100; entre ces deux zones, si le tube est assez long, l'intensité est à peu près constante. Quand la longueur du tube augmente, le flux total émis tend vers une limite comme dans le cas II, mais un peu moins rapidement. La longueur utile reste cependant d'un très petit nombre de calibres dès que l'absorption radiale n'est pas très petite.

Tout ce qui a été dit en II pour la mesure du coefficient d'absorption reste valable en utilisant la formule (11) et les tables correspondantes.

V. *Comparaison de l'excitation en bout et de l'excitation cylindrique.* — Cette comparaison a été le but initial de notre travail. Elle peut être faite de différentes façons. Si l'on compare les deux modes d'éclairage avec deux tubes identiques, l'éclairage en bout donne toujours, quel que soit a, un flux secondaire plus intense pour les petites longueurs; l'égalité a lieu pour des longueurs qui augmentent de 0,36 à 0,49 calibre quand a augmente de 0 à 2; pour des longueurs plus grandes, l'éclairage cylindrique l'emporte naturellement d'autant plus que le tube est plus long. Mais il est plus intéressant de comparer deux tubes de même diamètre, remplis du même fluide, et présentant l'un, pour l'éclairage en bout, la longueur optimum, l'autre, pour l'éclairage cylindrique, la longueur utile. Alors, pour $a < 1,2$, l'éclairage cylindrique l'emporte sur l'éclairage en bout, et c'est l'inverse pour $a > 1,2$. D'ailleurs, si le fluide est très peu absorbant, le diamètre que l'on peut pratiquement donner au tube est toujours tel que le premier cas soit réalisé. *D'une manière générale, l'éclairage cylindrique sera donc le meilleur pour l'étude des fluides peu absorbants* (*par exemple*,

solutions fluorescentes étendues); tandis que pour les fluides très absorbants (résonance optique) l'emploi d'un tube large et court (sous la longueur optimum) éclairé en bout, sera préférable.

Voici un exemple numérique : d'après les observations de Wood, le coefficient d'absorption de la radiation 2537 Å par la vapeur de mercure à 20° est d'environ 1,38. Une cuve cylindrique de 29^{mm} de diamètre et de $3^{mm},8$ d'épaisseur, ce qui correspond à la longueur optimum, donnera, par éclairage en bout, un flux 2,6 fois plus grand qu'un tube de même diamètre et de $11^{mm},6$ de longueur (longueur utile) éclairé cylindriquement.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur un nouveau type de cellules photoélectriques.* Note de M. **Georges Déchêne**, présentée par M. Aimé Cotton.

Lorsqu'un courant électrique traverse une couche mince d'oxyde mercurique (jaune ou rouge), la résistance de contact sur l'anode prend rapidement une valeur très élevée; la variation brusque du potentiel contre cette électrode est alors peu différente de la tension totale utilisée. J'ai constaté que l'éclairement de la substance à travers une anode transparente fait diminuer la résistance du contact, de sorte que l'intensité du courant passe de la valeur i_0 (courant d'obscurité) à $i_0 + i_e$ (i_e = courant d'éclairement).

Construction des cellules. — L'oxyde mercurique est comprimé, sur une épaisseur de 2 à 3^{mm}, à l'extrémité d'un moule cylindrique en ébonite. L'anode transparente semi-conductrice, qu'on serre fortement sur la substance, est obtenue en immergeant pendant quelques minutes une lame de cellophane dans une solution étendue d'acide sulfurique, puis en la laissant sécher; l'autre électrode est en mercure.

Propriétés de ces cellules. — *a. Influence de la durée de passage du courant.* — Le courant d'obscurité diminue si la tension entre les électrodes est maintenue; au contraire le courant d'éclairement reste sensiblement constant. *Exemple :*

Durée de passage du courant (tension : 4 volts).	Courant d'obscurité.	Courant d'éclairement (lampes 60 watts à 2^m).
5 minutes	$44 \cdot 10^{-8}$ amp.	$12,6 \cdot 10^{-8}$ amp.
15 »	$7,1 \cdot 10^{-8}$	$12,6 \cdot 10^{-8}$
1 heure	$3,8 \cdot 10^{-8}$	$12,6 \cdot 10^{-8}$
9 heures	$0,9 \cdot 10^{-8}$	$11,8 \cdot 10^{-8}$

b. Influence de l'intensité de l'éclairement. — Le courant d'éclairement n'est proportionnel au flux lumineux reçu par la cellule que pour de faibles éclairements (au maximum quelques lux). Pour les éclairements très intenses (quelques milliers de lux en lumière blanche), la résistance de contact anodique devient faible et le courant d'éclairement prend une valeur limite qui dépend de la résistance ohmique de la cellule.

c. Influence de la durée de l'éclairement. — Pour un faible éclairement (une fraction de lux par exemple en lumière blanche), le courant n'atteint sa valeur limite qu'après plusieurs minutes; sa loi de variation avec le temps est indépendante de la nature de la lumière. Dans le cas d'un éclairement intense (par exemple 100 lux), le courant passe par un maximum, puis décroît; avec un éclairage monochromatique, on constate que la durée d'éclairement correspondant au maximum varie entre une fraction de seconde et plusieurs dizaines de secondes suivant la longueur d'onde de la radiation.

d. Influence de la tension. — Le courant d'éclairement (comme le courant d'obscurité) varie avec la tension appliquée à la cellule. *Exemple :*

Tension.	Courant d'obscurité.	Courant d'éclairement (lampe 60 watts à 2^m).
4 volts	$2{,}2.10^{-8}$ amp.	11.10^{-8} amp.
8 »	$7{,}7.10^{-8}$	15.10^{-8}
12 »	$15\ .10^{-8}$	20.10^{-8}
16 »	$22\ .10^{-8}$	23.10^{-8}

e. Répartition spectrale de la sensibilité. — La sensibilité possède un maximum dans le vert, pour la longueur d'onde $0^{\mu},55$; elle diminue rapidement lorsque la longueur d'onde croît et devient négligeable vers l'extrémité du spectre visible; au contraire, la sensibilité se prolonge dans l'ultraviolet jusqu'à la limite de transparence de l'électrode en cellophane (vers 2400 Å); les cellules sont par exemple très sensibles pour la radiation 2357 Å du mercure.

f. Limite des flux mesurables. — La sensibilité en lumière blanche, pour un faible éclairement, avec une tension appliquée de quelques volts, est de quelques dizaines de microampères par lumen, c'est-à-dire environ 10 fois plus faible que pour une cellule à couche d'arrêt et du même ordre de grandeur que pour une cellule photoémissive. La grande résistance de la cellule (quelques milliers de mégohms dans l'obscurité) permet d'utiliser un dispositif de mesure très sensible; par exemple, en déterminant à l'électromètre la chute de potentiel dans une résistance liquide de 1000 mégohms

en série avec la cellule, on décèle aisément un flux lumineux de 10^{-6} lumen.

Conclusion. — Les cellules photoélectriques à l'oxyde mercurique sont d'une construction très simple et d'un prix de revient insignifiant. Le traînage important qu'elles présentent rend leur emploi assez malaisé pour des mesures quantitatives. Par contre, dans le visible et l'ultraviolet, elles peuvent rendre, pour des usages qualitatifs (dispositifs de barrage par exemple) les mêmes services que les autres types de cellules.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur un élément* 87, *dérivé de l'actinium.* Note de M[lle] **Marguerite Perey**, présentée par M. Jean Perrin.

Afin de connaître avec précision l'évolution de l'activité du rayonnement β émis par l'actinium privé de ses dérivés, nous en avons suivi l'accroissement, en nous efforçant de mesurer le plus tôt possible après la dernière purification l'activité β propre à l'actinium, avant que celle de ses successeurs intervienne.

Partant d'un sel de lanthane actinifère déjà soigneusement privé de ses dérivés, nous avons éliminé les dernières traces de radioactinium par entraînement au moyen d'hydrate cérique en milieu oxygéné, et le dépôt actif par entraînement au moyen d'hydrogène sulfuré en présence de plomb; nous avons alors précipité le lanthane actinifère, en présence de baryum, par l'ammoniaque décarbonatée qui laisse l'actinium X en solution.

Pendant les deux premières heures qui suivent la fin de la purification, on constate que l'activité du rayonnement β croît d'abord avec une période d'une vingtaine de minutes, présente ensuite un palier, puis augmente en raison de la formation des dérivés.

Nous avons pensé que cette montée initiale d'activité était peut-être due à la formation de dépôt actif provenant de traces d'actinium X qui auraient pu ne pas être éliminées. Aussi avons-nous essayé, mais vainement, d'entraîner cette activité par précipitation de sulfure de plomb.

Cette montée initiale n'avait jamais encore été constatée; il paraissait donc logique de l'attribuer à la formation, dans l'actinium, d'un radioélément nouveau séparé au cours des purifications. Le rayonnement β de ce corps est absorbé de moitié par $18/100^{mm}$ d'aluminium ($\mu = 39\,cm^{-1}$). Mesurée en rayonnement β, la valeur du palier représente environ 1/2 pour 100 de l'activité du produit à l'équilibre.

Pour caractériser l'identité chimique de ce nouveau corps radioactif *naturel*, nous avons cherché à déterminer à quel moment des opérations il se séparait de l'actinium. L'eau mère de la dernière purification, qui par suite des précipitations doit être inactive et ne doit contenir que des sels ammoniacaux, une fois évaporée à sec, présente une activité β qui décroît avec la même période de 21 minutes que précédemment. De nouvelles précipitations d'hydrate cérique, de sulfure de plomb, de carbonate de baryum, n'entraînent pas cette activité, qui semble appartenir à un élément alcalin.

Dans l'hypothèse que ce radioélément est formé par émission de rayons α à partir de l'actinium, il occuperait la place 87 dans la classification périodique; pour le prouver, nous avons cherché à constater l'analogie chimique de ce corps avec le cæsium par syncristallisation : le perchlorate de cæsium a été choisi pour cela, en raison de sa faible solubilité qui le distingue des perchlorates des métaux non alcalins, très solubles. En ajoutant du chlorure de cæsium à l'eau mère et en précipitant par une solution de perchlorate de sodium, il se forme des cristaux qui entraînent l'activité : celle-ci décroît exponentiellement avec la période de 21 minutes ± 1.

Il s'agit donc bien de l'homologue supérieur du cæsium, de numéro atomique 87.

Sa formation à partir de l'actinium ne peut être envisagée que par émission de rayons α. C'est pourquoi nous avons cherché un tel rayonnement dans le produit d'actinium exempt de ses dérivés. Nous avons effectivement observé un rayonnement α de $3^{cm},5$ de parcours dans l'air, T. P. N., rayonnement qui avait déjà été signalé (1) et, par la suite, attribué à des traces de protactinium (2). Nous avons vérifié que notre produit d'origine était exempt de protactinium; d'autre part, s'il y en avait eu des traces, les précipitations de radioactinium avec l'hydrate cérique les auraient éliminées.

Nous sommes donc amenée à penser que cet élément *radioactif naturel*, de période 21 minutes, a le numéro atomique 87 et dérive, par rayonnement α, de l'actinium; soit que l'actinium possède un faible embranchement α, ou qu'il soit un mélange de deux isotopes se désintégrant l'un par rayonnement β, l'autre par rayonnement α.

---

(1) St. Meyer, V. F. Hess et F. Paneth, *Wiener Ber.*, 123, 1914, p. 1459.
(2) Meyer-Schweidler, *Radioaktivität*, 1927, p. 471.

On sait que M. Hulubei ([3]) a observé, au moyen d'un spectrographe à rayons X, dans des produits de traitement de pollucite, des raies correspondant à l'élément 87. Il conclut donc à la présence dans ce minerai d'un élément durable ayant ce numéro et auquel il a donné le nom de moldavium.

Si ces résultats se confirment, il existerait donc au moins deux isotopes de numéro atomique 87, l'un de vie assez longue, et l'autre, le corps à vie courte que nous signalons.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Isomérie nucléaire produite par les rayons X du spectre continu.* Note ([1]) de MM. **Bruno Pontecorvo** et **André Lazard**, présentée par M. Jean Perrin.

Les paires d'isomères instables vis-à-vis de la désintégration β sont mises en évidence par le fait que les périodes de décroissances correspondantes sont différentes. La radiation γ [probablement très convertie ([2])] correspondant à la transition de l'état excité à l'état fondamental est cependant difficilement observable. Ces difficultés ne se présentent pas dans le cas des isomères stables vis-à-vis de la désintégration β (β-stables). En provoquant des transmutations nucléaires on pouvait espérer obtenir un noyau β-stable dans un état métastable; mais en opérant ainsi, on se heurte à plusieurs difficultés : en effet les transmutations sont très souvent accompagnées de la production de radioéléments artificiels, et il est ainsi difficile de distinguer ce noyau d'un noyau radioactif β. Toutefois des expériences récentes indiquent la formation d'isomères β-stables ([3]).

Nous avons pensé ([4]) à la possibilité de produire des noyaux isomères

---

([3]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 927; **205**, 1937, p. 875.

([1]) Séance du 3 janvier 1939.

([2]) B. Pontecorvo, *Congrès du Palais de la Découverte*, Paris, octobre 1937, p. 118; H. Hebb et G. E. Uhlenbeck, *Physica*, **5**, 1938, p. 605; S. M. Dancoff et P. Morrison, *Phys. Rev.*, **54**, 1938, p. 149; L. W. Alvarez, *Phys. Rev.*, **54**, 1938, p. 486; B. Pontecorvo, *Phys. Rev.*, **54**, 1938, p. 542; E. Segrè et G. T. Seaborg, *Phys. Rev.*, **54**, 1938, p. 772.

([3]) M. Dodé et B. Pontecorvo, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 287; E. Segrè et G. T. Seaborg, *loc. cit.*; M. Goldhaber, R. D. Hill et L. Szilard, *Nature*, **142**, 1938, p. 521.

([4]) B. Pontecorvo, *Compte rendu des séances de discussion du Laboratoire de Chimie nucléaire au Collège de France.*

β-stables à l'aide d'une méthode par laquelle il est *impossible de provoquer une transmutation*.

Cette méthode consiste à irradier l'élément étudié par des photons dont l'énergie est inférieure à l'énergie de dissociation des noyaux. Nous avons affaire à un noyau que nous supposons avoir un premier état excité métastable; on ne peut pas exciter d'une façon sensible cet état, extrêmement étroit, par absorption d'un quantum correspondant à l'énergie de ce niveau (il en serait peut-être autrement si l'on tentait de produire l'excitation par un bombardement d'électrons). Mais on peut espérer exciter des niveaux plus élevés du noyau; une partie des noyaux ainsi excités pouvant passer par l'éventuel état métastable, c'est la radiation émise à partir de cet état qui sera observable.

Les formules de dispersion de Bethe-Placzeck permettent d'évaluer la section efficace pour l'excitation des noyaux.

Cette même section donnera aussi l'ordre de grandeur de la section efficace pour la formation d'un isomère, si l'on admet qu'une fraction considérable des noyaux excités passe par l'état métastable.

Dans le cas d'un spectre continu de photons on calculera la moyenne $\bar{\sigma}$ sur plusieurs niveaux de la section efficace pour la diffusion; on trouve $\bar{\sigma} \sim \lambda^2 \Gamma_0 \delta$ donc croissant rapidement avec l'énergie des photons (λ, longueur d'onde des photons incidents; Γ_0, largeur moyenne des niveaux de la région étudiée, correspondant à la transition directe à l'état fondamental; δ, densité des niveaux).

Avec des rayons X de $1,5$ à $2,10^6$ eV, $\bar{\sigma}$ est de l'ordre de 10^{-30} cm^2, si l'on prend $\Gamma_0 = 0,01$ volt et $\delta = 10^{-4}$ volt^{-1} (noyau lourd).

Cette évaluation, bien que grossière, montre qu'en utilisant les moyens que nous avons de produire d'intenses faisceaux de rayons X de grande énergie, au Laboratoire de Synthèse atomique, on pourrait déceler des états métastables. Le tube à étages multiples de ce Laboratoire ([5]), construit et perfectionné par A. Lazard, alimenté par un générateur d'impulsion, a été utilisé dans nos expériences, pour fournir un spectre coutinu de rayons X dont l'énergie maximum était de 1850 kilovolts (18 décharges de 0,01 coulomb par minute).

Les corps à irradier étaient placés à l'extérieur du tube sous forme de plaque, au-dessous de l'anticathode en tungstène, séparés de celle-ci par une épaisseur de cuivre de 5^{mm}. La plaque, après l'irradiation, était roulée

---

([5]) F. Joliot, A. Lazard et P. Savel, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 826.

en forme de cylindre, pour entourer un compteur à fil à paroi d'Al de 5^{μ} (plein d'air à la pression atmosphérique). Le compteur, entouré de briques de plomb, était placé à environ 30^{m} du tube.

Nous avons trouvé à plusieurs reprises un effet positif dans l'indium : la période est de $3^{h},9 \pm 0,5$; dans un essai l'intensité initiale mesurée était de 110 coups par minute au-dessus du mouvement propre du compteur (10 coups par minute). L'irradiation avait duré 45 minutes (810 décharges).

La période que nous trouvons est sensiblement la même que celle que Goldhaber, Hill et Szilard (³) ont trouvée en irradiant In avec des neutrons *rapides* ($4^{h},1$) et qu'ils ont attribuée à un état métastable de 115_{In} [réaction (n, n)] pouvant soit retourner à l'état fondamental, soit se désintégrer par émission β : leur interprétation concorde parfaitement avec nos expériences.

L'absence de photoneutrons dans nos expériences est montrée avant tout par le fait que l'on ne trouve pas la période très intense de 54 minutes de In. De plus un essai d'activation d'un détecteur d'Ag entouré d'eau a été complètement négatif.

Des mesures d'absorption du rayonnement montrent qu'une épaisseur de 0,05 Al réduit de moitié l'intensité du rayonnement, celle-ci étant encore mesurable après une épaisseur de $0^{mm},2$ Al.

Nous pensons que ces expériences mettent en évidence d'une façon directe un phénomène de fluorescence nucléaire durable provoqué par les rayons X.

RAYONS COSMIQUES. — *Mesures de l'effet de latitude pour les gerbes.* Note (¹) de M. G. **Occhialini**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous donnons dans la présente Note des mesures de gerbes, faites avec des compteurs, entre Bahia et Trieste, à bord du paquebot *Oceania*, du 3 au 19 janvier 1938 (²).

Les recherches sur l'effet de latitude des rayons cosmiques ont eu principalement pour but l'étude de particules isolées ou celle de l'ionisation.

(¹) Séance du 12 décembre 1938.

(²) Marcello Damy de Souza Santos a collaboré aux mesures effectués entre Santos et Pernambouc.

Pour les gerbes, Johnson (³) a tout d'abord constaté l'absence complète d'un effet quelconque, puis dans des recherches postérieures, Johnson et Read (⁴) ont obtenu un effet global de 6 pour 100 pour les gerbes contre 14 pour 100 pour les particules isolées. Un résultat analogue a été obtenu par Pickering (⁵) et par Neher et Pickering (⁶).

Les appareils compteurs et enregistreurs ont été placés à la poupe du bateau. Les compteurs employés, de 3^{cm} sur 35^{cm}, avaient été construits sur les indications des Drs Cosyns et Gisolf (⁷).

Entre la zone équatoriale et la zone tempérée, la variation de l'ionisation dans les appareils est de l'ordre de 10 pour 100, susceptible d'altérer sensiblement le nombre des coïncidences casuelles, cet effet est rendu évident par l'augmentation de 0,69 à 0,75 par minute, observée en passant de Babia à Trieste, pour le point de la courbe de Rossi d'abscisse zéro.

Les deux courbes de la figure 2 ont été tracées d'après les mesures prises



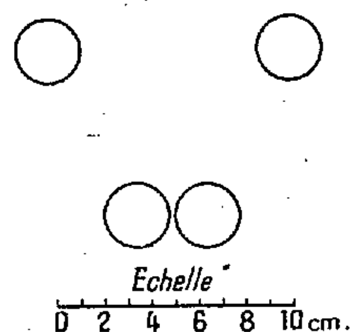


Fig. 1.

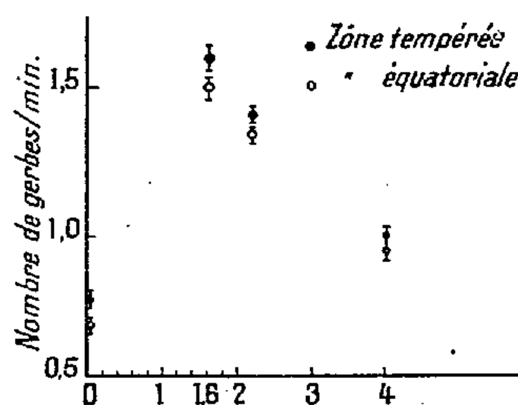


Fig. 2.

dans deux intervalles : entre Bahia (13° S, 40° W) et (6° N, 28° W) et entre Gibraltar (35° N, 8° W) et (43° N, 14° E).

Cette sélection entre les résultats obtenus *est justifiée par les résultats des travaux de Clay et de Millikan et Neher, ainsi que par une mesure directe que nous avons réalisée en comptant le nombre des impulsions individuelles d'un compteur placé sous une longue couche* absorbante de plomb, de $4^{cm},5$

(³) *Phys. Rev.*, 47, 1935, p. 318.

(⁴) *Phys. Rev.*, 51, 1937, p. 557.

(⁵) *Phys. Rev.*, 49, 1936, p. 945.

(⁶) *Phys. Rev.*, 53, 1938, p. 111.

(⁷) Pour les détails expérimentaux voir G. Wataghin et M. Damy de Souza Santos, *Boletim depart. de Physica da Universidade de São Paulo*, 1938, n° 1, p. 1.

d'épaisseur). La variation indiquée par le tableau ci-dessous et qui est

Impulsions par minute.		Positions géographiques.		
154	± 1	13° S	40° O	Bahia
152	± 2	2° S	35° O	Recife
155	± 2	0°	30° O	
154	± 3	6° N	28° O	
157	± 2	14° N	24° O	Cabo Verde
164	± 2	20° N	19° O	
163	± 2	28° N	17° O	Canarias
162	± 2	35° N	8° O	Gibraltar
166	± 2	37° N	3° E	Alger
165	± 2	41° N	14° E	Naples
167	± 2	43° N	14° E	Ancone

de l'ordre de 10 pour 100, peut être considérée comme une mesure de l'effet de latitude entre Bahia et Trieste pour les *particules isolées* capables de traverser $4^{cm},5$ de plomb (E = 150 MEV) et provenant de toutes les directions.

La similitude entre les deux courbes de la figure 2 semble prouver que les gerbes produites au niveau de la mer sont dues, pour la plupart, à une radiation de même qualité dans les deux zones, équatoriale et tempérée. En effet, à une variation de l'ordre de 9 pour 100 dans l'intensité de la radiation incidente correspond, pour les gerbes, une variation qui ne dépasse certainement pas 3 pour 100. En raison de l'augmentation des coïncidences accidentelles indiquée plus haut, ce résultat peut s'accorder avec ceux de Johnson et Read ([4]), Pickering ([5]), Neher et Pickering ([6]), qui doivent être considérés comme une limite supérieure.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination des températures de congélation et des points d'ébullition, à pression réduite, des mélanges éthylglycol et eau.* Note de MM. **René Delaplace** et **Charles Béchard**, présentée par M. Jean Perrin.

L'étude du délicat problème du refroidissement des moteurs d'aviation de grande puissance nous a amenés à mesurer d'une façon très précise les points de congélation des mélanges éthylglycol et eau, et surtout, les points

d'ébullition de ces mélanges à la pression atmosphérique, puis à des pressions correspondant à des altitudes de 2000^m, 5000^m et 8000^m.

Étude de la congélation des mélanges éthylglycol et eau. — L'éthylglycol que nous avons utilisé était parfaitement pur. Cependant, il n'était pas rigoureusement exempt d'eau et en contenait environ 0,3 pour 100. Nous n'avons pas jugé utile de distiller ces traces d'eau d'un corps qui, à l'état normal, est lui-même fortement hygroscopique.

Le tableau suivant résume l'ensemble des résultats que nous avons obtenus.

Volumes pour 100 d'éthylglycol.	Points de congélation.
Éthylglycol pur	$-12^\circ,5$
94,7	-24
90,1	-30
81,8	-38

Zone où les points de fusion ne sont plus déterminables.

Volumes p. 100 d'éthylglycol.	52,5	49	44	38,5	32,5	25	17	12,5
Points de coagulation (°)	-40	-34	-28	-23	-18	-12	$-6,7$	-4

Nous avons été amenés à faire les remarques suivantes :

Au-dessous de -40° et pour des teneurs en eau inférieures à 25 pour 100, on a un liquide fortement sirupeux mais transparent. Pour des teneurs en eau supérieures à 50 pour 100 et allant vers 70 pour 100, on a un liquide très fortement sirupeux mais d'aspect laiteux, donnant l'impression d'une bouillie de glace. Au-dessous de -80°, les mélanges se solidifient et sont transparents.

Nous avons également remarqué que pour une teneur en eau de l'ordre de 20 pour 100, on trouve une zone où les points de fusion ne sont plus déterminables avec précision.

Températures d'ébullition. — Nous avons déterminé les températures d'ébullition des mélanges en prenant toutes les précautions habituelles pour éviter les surchauffes et les changements de concentration.

Le tableau ci-contre résume l'ensemble des résultats obtenus.

Volumes pour 100 d'éthylglycol.	Point d'ébullition. 760mm.	(2000m) 596mm.	(5000m) 405mm.	(8000m) 267mm.
Éthylglycol pur	185°	177°	165°	150°
94,7	157	148	140	130
90	140	134,5	124	115
85,7	134	126	116	104,5
81,8	130	119	108	101
78,2	121	117	106,5	100
75	120	114	104	93
72	120	110	99,5	89
66,6	117	107	97	86
60	116	105	94,5	84
50	113	102	92	81
40	108	99	89,5	79
25,7	104	97	87	76
Eau pure	100	93,4	83,3	73

L'ensemble des courbes des points d'ébullition des mélanges éthylglycol et eau aux différentes pressions montre encore que, pour une teneur en eau de l'ordre de 20 à 25 pour 100, on trouve un point d'inflexion. Et il est remarquable de constater que, pour ces teneurs en eau, les mesures de constantes diélectriques (3) du mélange font apparaître aussi une anomalie.

Nous pensons que ce phénomène est dû à la présence d'un hydrate de glycol à une molécule d'eau.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches sur l'évolution dans l'air, dans l'eau et dans le vide de la fragilité de décapage de l'acier extra-doux recuit.* Note (1) de M. **Paul Bastien**, présentée par M. Léon Guillet.

Le décapage des aciers par les solutions acides est accompagné d'une diffusion dans le métal d'une partie de l'hydrogène naissant libéré par la réaction et d'une baisse de sa capacité de déformation. Après attaque et à l'air, cet état de fragilité s'atténue, mais d'après Bardenheuer et Ploum (2), l'acier ne retrouve jamais complètement la capacité de déformation qu'il

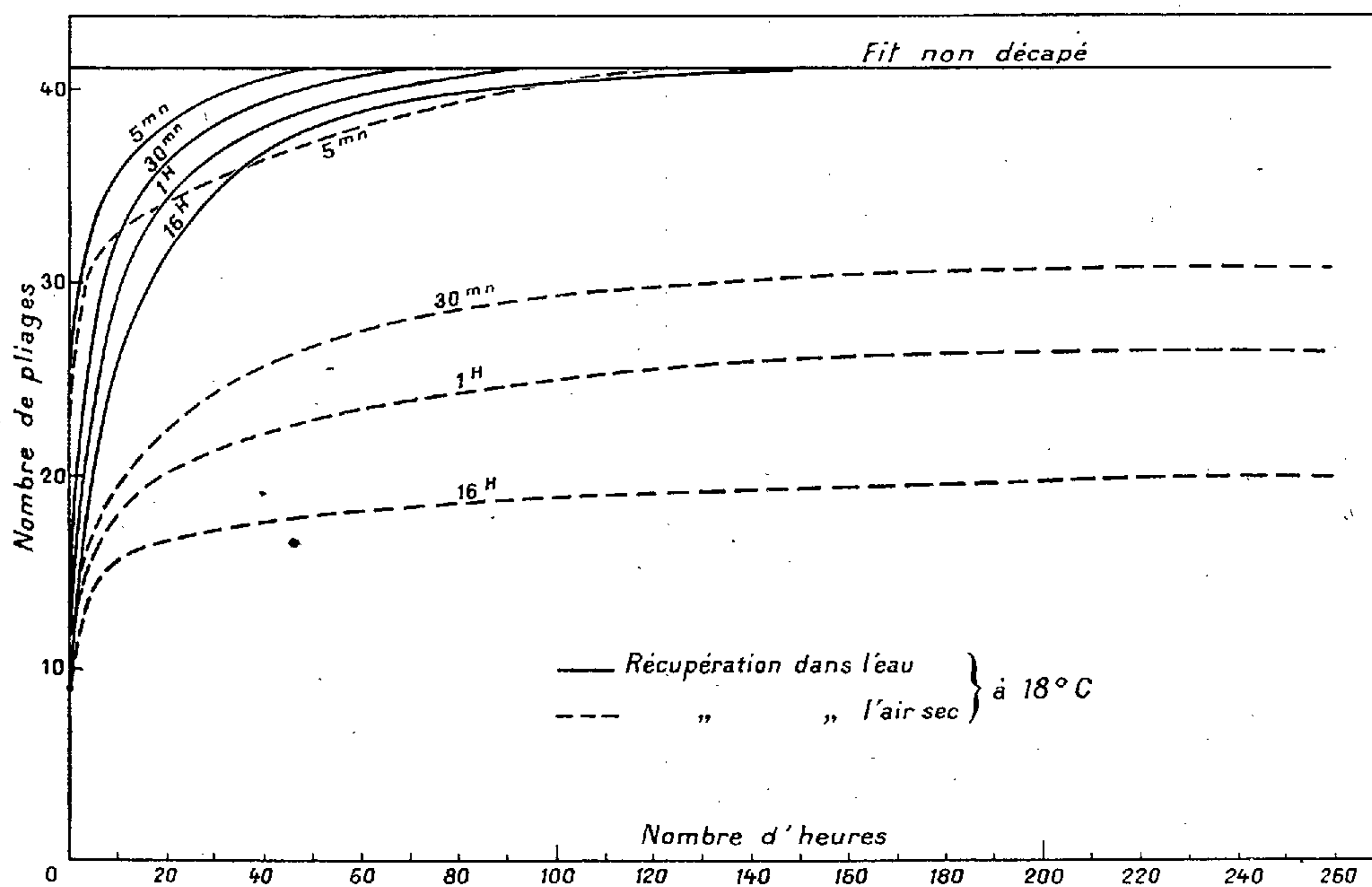
(3) J. Åkerlöf, *J. Am. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 4125.

(1) Séance du 27 décembre 1938.

(2) *Mitteilungen Kaiser-Wilhelm Inst. fur Eisenforschung*, 19, 1937, p. 299-303.

possédait avant décapage. Dans nos recherches, nous nous sommes proposé d'étudier certains des facteurs influant sur le développement de la fragilité au cours de l'attaque et sa disparition ultérieure avec le temps.

La diminution de la capacité de déformation de fils de 2^{mm} de diamètre en acier extra-doux recuit (C 0,065 %; Si 0,04 %; Mn 0,44 %; S 0,03 %; P 0,02 %), par décapage dans des solutions aqueuses, de diverses concen-



Récupération dans l'air et dans l'eau de fils décapés, à 18° C., dans une solution d'acide chlorhydrique à 10 pour 100 pendant 5 minutes, 30 minutes, 1 heure et 16 heures.

trations, des acides chlorhydrique, sulfurique et citrique, a été caractérisée par des essais de pliages alternés (rayon de courbure de 7^{mm}). La diminution de la fragilité, ou récupération, après décapage a été caractérisée par le même procédé.

1° *Comparaison entre les récupérations dans l'air sec* [3] *et dans l'eau.* Nos essais ont montré (voir figure), que cette récupération est, dans un milieu donné, d'autant plus lente que le décapage a été plus long et qu'elle est beaucoup plus rapide dans l'eau que dans l'air. Deux cas sont à distinguer :

---

(3) L'air sec a été utilisé pour éliminer l'influence du degré hygrométrique de l'atmosphère qui joue un rôle non négligeable dans ce phénomène de récupération.

a. La fragilité initiale, après décapage, est caractérisée par un nombre de pliages supérieur à 6; dans ce cas, alors que la récupération est lente et pratiquement incomplète ([4]) à l'air sec, elle est rapide et complète dans l'eau, pour l'acier étudié, et est accompagnée d'un dégagement mesurable d'hydrogène.

b. La fragilité initiale, après décapage, est caractérisée par un nombre de pliages inférieur ou égal à 6; dans ce cas, la récupération reste très incomplète à l'air sec et même dans l'eau, malgré des dégagements importants d'hydrogène. Bref, il résulte de nos essais qu'il existe une fragilité de décapage critique, et par suite probablement une concentration en hydrogène limite, au-dessous de laquelle le métal peut récupérer totalement par simple immersion dans l'eau et au-dessus de laquelle il est définitivement altéré. Cette altération définitive peut être due soit à une déformation permanente du réseau de l'acier provoquée par les atomes d'hydrogène ([5]), soit, comme le suggère P. Bardenheuer ([6]), à une recombinaison, au contact d'inclusions non métalliques, de soufflures ou de porosités, de l'hydrogène atomique en hydrogène moléculaire insoluble. L'importance de ces altérations locales semble confirmée par le fait que si l'on explore, dans sa longueur, un fil possédant une fragilité initiale de 5 et plongé 125 heures dans l'eau, les essais de pliages alternés, le long de l'échantillon, ont une dispersion tout à fait anormale, les nombres de pliages, allant, suivant les points, de 6 (récupération nulle) à 35 (récupération quasi totale).

2° *Comparaison entre les récupérations dans l'air et dans le vide.* — Le dégazage à froid, par simple action du vide, de fils préalablement décapés, permet de recueillir des quantités appréciables d'hydrogène ([7]) et d'accélérer la récupération. On a, en effet, pour des fils possédant, après attaque dans une solution aqueuse d'acide chlorhydrique, une fragilité initiale correspondant à 8 pliages :

Nombre d'heures dans le vide.	Nombre de pliages.	Nombre d'heures à l'air.	Nombre de pliages.
3 heures 10 minutes...	13	3 heures	9,5
21 heures	26	21 heures	12

([4]) Sauf pour les durées de décapage très courtes (5 minutes par exemple).

([5]) G. Chaudron, A. Portevin et A. Moreau ont montré que le fer électrolytique, dégazé totalement à froid, conserve une dureté élevée, due à la distorsion du réseau, ceci malgré le départ de l'hydrogène (*Comptes rendus*, 207, 1938, p. 235-237).

([6]) *Stahl und Eisen*, 57, 1937, p. 593.

([7]) De l'ordre de $0^{cm^3},75$ d'hydrogène par heure, pour 100^g de fils de 2^{mm} de diamètre, dans chacune des trois premières heures de vide, et dans le cas des essais rapportés au tableau ci-dessus.

Par séjour à l'air, après ce dégazage partiel dans le vide, la récupération se poursuit rapidement puisque après 120 heures les fils cassent à 35 pliages alors que ceux, non soumis à l'action du vide et exposés simplement à l'air pendant le même temps, cassent à 14 pliages.

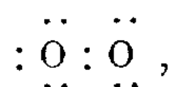
CHIMIE GÉNÉRALE. — *Quelques effets antioxygènes du point de vue de la règle pratique de l'écart électronique.* Note de MM. **Pierre Carré** et **Louis Peigné**, présentée par M. Marcel Delépine.

MM. Dufraisse et Horclois ont montré [1] que certaines substances se comportent comme des catalyseurs négatifs susceptibles de déterminer l'extinction du charbon en ignition dans l'air et, en particulier, que l'oxychlorure de phosphore est un catalyseur négatif cinq fois plus actif environ que le tétrachlorure de carbone.

Cette différence d'activité de l'oxychlorure de phosphore et du tétrachlorure de carbone nous paraît pouvoir s'interpréter de la manière suivante : Les constitutions électroniques de l'oxychlorure de phosphore et du tétrachlorure de carbone



nous montrent que, dans l'oxychlorure de phosphore, les éléments P et O peuvent être considérés comme des ions liés et sont par suite fortement polaires, tandis que, dans le tétrachlorure de carbone, chacun des éléments ayant son nombre normal d'électrons, la différence de polarité entre C et Cl est due uniquement à ce que l'un de nous a appelé l'écart électronique [2], et est par suite peu élevée. D'autre part, si l'on admet pour l'oxygène actif la constitution électronique



on conçoit que cet oxygène pourra être retenu, et par suite inactivé pour une autre réaction, de manière plus prononcée par l'oxychlorure de phosphore que par le tétrachlorure de carbone.

---

[1] *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 564.

[2] *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 298 et 740.

Cette interprétation est en accord avec l'étude suivante de l'action antioxygène de l'oxychlorure de carbone $COCl^2$, et du chlorosulfure de carbone $CSCl^2$, sur l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque par l'oxygène de l'air.

La règle pratique de l'écart électronique nous conduit à admettre que la différence de polarité entre C et S de $CSCl^2$ est plus grande que la différence de polarité entre C et O de $COCl^2$, ce qui correspond bien aux différences de stabilité des esters chloroformiques et chlorothioformiques ([3]). Cette différence laisse prévoir que le chlorosulfure de carbone doit retenir l'oxygène actif plus énergiquement, donc être un antioxygène plus actif que l'oxychlorure de carbone. C'est ce que nous avons vérifié dans le cas de l'oxydation de l'aldéhyde benzoïque par l'oxygène de l'air, dans différentes conditions, et en présence de faibles quantités sensiblement équivalentes d'oxychlorure de carbone et de chlorosulfure de carbone.

Exemple. — Deux échantillons de 5^g chacun d'aldéhyde benzoïque contenant respectivement $0^g,055$ de $COCl^2$ (1/86e de molécule pour 1^{mol} d'aldéhyde benzoïque), et $0^g,06$ de $CSCl^2$ (1/91e de molécule pour 1^{mol} d'aldéhyde benzoïque) ont été maintenus 24 heures en contact avec 1^l d'air à la température ordinaire; il s'est formé, dans le premier cas (en présence de $COCl^2$) $1^g,1$ d'acide benzoïque, et dans le second cas (en présence de $CSCl^2$) $0^g,9$ d'acide benzoïque. Les mesures de diminution des volumes d'air résultant de l'absorption de l'oxygène confirment ces résultats.

En résumé, dans les cas examinés ci-dessus, l'action antioxygène paraît dépendre de la différence de polarité des éléments directement liés dans les corps antioxygènes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydrogénation catalytique, au moyen du nickel, Raney ou ordinaire*. Note de MM. **Léon Palfray** et **Sébastien Sabetay**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le nickel est spécialement un catalyseur d'*hydrogénation*. Depuis les mémorables travaux de Sabatier et Senderens, son champ d'application n'a cessé de s'accroître dans ce sens.

De très bonne heure, ces savants pensèrent que Ni devait aussi fonctionner comme catalyseur de *déshydrogénation*. Ils réussirent, en effet, à revenir des alcools aux composés carbonylés correspondants. Mais, à vrai

---

([3]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2159.

dire, on dépassait le but, on obtenait surtout des carbures et des produits de coupure [1]. Leur conclusion formelle fut que Ni était trop actif pour la déshydrogénation et le cuivre réduit leur apparut de beaucoup supérieur. Depuis, on a trouvé que l'argent était encore plus avantageux, la température de déshydrogénation pouvant être abaissée à 200°.

Dans le même sens, témoignent les nombreux essais d'Ipatieff, qui a étudié la déshydrogénation catalytique sous pression et à des températures élevées : 360° à 700° et au-dessus (ce qui implique une certaine action de craquage) [2].

Aussi la déshydrogénation catalytique par Ni ne semble-t-elle pas être devenue d'application fréquente, dans les laboratoires, pour le passage des alcools aux composés carbonylés correspondants [3].

Elle a cependant retrouvé un regain d'actualité, par le fait d'études récentes qui ont attiré l'attention sur certaines propriétés, vraiment curieuses, du Nickel Raney, vraisemblablement liées à sa structure particulière. C'est ainsi que Paul [4], faisant agir le Ni Raney sur quelques alcools, a constaté qu'il exerce une action déshydrogénante, à des températures manifestement inférieures à celles qu'utilisaient, en phase gazeuse, Sabatier et Senderens, avec leur Nickel. A 80°, le propanol-2 lui donne 3 pour 100 de propanone, l'alcool allylique 60 pour 100 de propanal.

De leur côté, Bougault, Cattelain et Chabrier [5], ayant établi que le Ni Raney est, en réalité, un hydrure, montrent que son activité catalytique est très variée, et ils l'utilisent même comme catalyseur d'oxydation, transformant l'ion hypophosphoreux en ion phosphoreux.

Nous allons montrer que le nickel peut fonctionner très activement comme catalyseur de déshydrogénation, sans qu'il soit nécessaire d'invoquer une action secondaire de l'hydrure sur l'eau, car nous obtenons ce résultat en l'absence de toute trace d'eau, et aussi bien avec le nickel préparé d'après Sabatier-Senderens, neuf ou extrêmement fatigué, qu'avec le nickel Raney fraîchement obtenu.

---

[1] P. Sabatier et J. B. Senderens, *Comptes rendus*, 136, 1903 p. 738, 921 et 983.

[2] V. Ipatieff, *Catalytic reactions at high pressures and temperatures*, New-York, 1936, p. 1-50.

[3] Une importante bibliographie sur cette question se trouve dans un mémoire de O. B. J. Fraser, *Nickel as a catalyst* (*Trans. Electrochem. Soc.*, 71, 1937, p. 19).

[4] R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 1592.

[5] *Bull. Soc Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 1699.

I. *Alcool obtenu par hydrogénation catalytique, de la β-méthylnaphtylcétone.* — Un échantillon, provenant de l'hydrogénation à 115°, fut divisé en deux portions. La première fut traitée par l'hydroxylamine. Sa teneur en CO fut ainsi trouvée égale à 0°. La deuxième portion fut fractionnée sous vide en présence du peu de nickel qu'elle contenait en sortant de l'autoclave. La température se maintint entre 160° et 170°. A notre grande surprise, le distillat nous fournit, par oximation, une teneur en CO de 30 pour 100 (calculée en méthylnaphtylcétone).

On conçoit qu'en isolant la cétone, on puisse soumettre l'alcool résiduel à un nouveau traitement semblable et aboutir finalement à une déshydrogénation totale (sauf le cas où il se forme du carbure).

D'autres essais furent alors faits avec des échantillons de Ni déjà très usagés et préparés soit d'après Sabatier-Senderens, soit d'après Raney. Sans avoir, en général, prolongé le chauffage très longtemps, nous avons, dans tous les cas, obtenu une transformation notable de l'acool en la cétone correspondante.

II. *Phénylméthylcarbinol* (6) (*alcool phényléthylique secondaire*). — 42g d'alcool sont chauffés à 170-200°, pendant 2 heures, en présence de 5 pour 100 de Ni Raney. Par distillation à la pression ordinaire, on isole 12g d'éthylbenzène (Éb. 135-140°, n_D^{20} 1,4987), et 20g d'acétophénone (Éb. 193-196°, n_D^{20} 1,5315; d_{15}^{15} 1,018), titrant 88 pour 100 à l'hydroxylamine et donnant une semicarbazone : F 205° (Bloc). Le Ni restant dans le ballon peut servir de nouveau plusieurs fois.

III. *Menthol.* — 20g de menthol cristallisé sont chauffés à 230°, pendant 2 heures, en présence de 1g de Ni, type Sabatier-Senderens, très vieilli. Par distillation à pression ordinaire, on recueille 19g passant à 207-212° et titrant, par oximation, 42,4 pour 100 de cétone (calculée en menthone). Une opération identique, faite avec Ni Raney, n'a donné que 33 pour 100.

IV. *Cyclohexanediol*-1.4 (*quinite*). — On chauffe, en présence de Ni, vers 250°, puis distille sous vide. Le distillat réduit à froid la liqueur de Fehling. Par oximation, il titre environ 25 pour 100 (calculé en cyclohexanedione-1.4).

---

(6) Nous avons préparé cet alcool, à l'échelle semi-industrielle, avec des rendements quantitatifs, par réduction catalytique, sous pression, à 65°, de l'acétophénone. Le produit, exempt de cétone, présente d'emblée les constantes : Éb$_{27}$ 107°, n_D^{14} 1,5261; d_{15}^{15} 1,014. Il titre, par acétylation pyridinée, 97 pour 100 d'alcool.

Conclusion. — 1° En phase liquide, par chauffage à température vraiment modérée, le nickel, préparé de diverses manières, se comporte comme un excellent catalyseur de déshydrogénation.

2° Il est spécialement actif vis-à-vis des alcools secondaires. Dans les mêmes conditions : température et durée, les alcools primaires (phényléthanol, benzyloxyéthanol) se déshydrogènent beaucoup plus difficilement.

3° Des essais qualitatifs, faits avec un cuivre très commun (bronze de cuivre), ont été positifs, mais, dans les conditions indiquées, Cu est beaucoup moins efficace que Ni.

Nous nous proposons de compléter ces essais préliminaires.

MÉTALLOGÉNIE. — *Sur la genèse des gisements de fer de la rive droite du Fleuve Rouge (Tonkin).* Note de M. **Josué-Heilman Hoffet.**

J'ai eu récemment l'occasion de visiter les gisements de fer qui s'échelonnent, depuis Laokay jusqu'à Yenbay, sur la rive droite du Fleuve Rouge. Les affleurements les plus importants se trouvent près de Lang Lech et Vu Lao (à 8^{km} à l'ouest de la gare de Bao Ha), de Lang Phat (à 2^{km} seulement du Fleuve, légèrement en aval de la gare de Lang Key) et enfin de Kien Lao (à 8^{km} à l'ouest de la gare de Co Phuc). De nombreux échantillons de roches et de minerais, rapportés de cette visite, ont été étudiés en lames minces et en surfaces polies. Cet examen a prouvé que ces quatre gisements ont la même origine, mais qu'ils sont à des états d'évolution différents, liés à la topographie.

C'est ainsi que le gisement de Lang Phat, qui affleure dans une profonde gorge, présente la couche ferrugineuse dans son aspect primitif. La coupe géologique en est la suivante :

De l'Ouest à l'Est on reconnaît : *a.* un calcaire métamorphique à feldspath acide, tourmaline et quartz à extinctions roulantes; *b.* un micaschiste à tourmaline; *c.* la couche de magnétite litée dans du quartz, les deux éléments se présentant seuls et très purs sans autres minéraux, si ce n'est de très rares paillettes de mica; *d.* un micaschiste à gros grenats almandins comprenant des parties où le grenat prédomine et forme une véritable grenatite; *e.* un micaschiste à mica blanc effleurant sur plus de 1^{km}; *f.* un quartzite à tourmaline en petits cristaux automorphes. L'épaisseur du filon est d'environ 15^{m}. Un essai de séparation magnétique indique 70-80 pour 100 de magnétite pure.

Le gisement de Lang Lech se trouve topographiquement sur le flanc d'une colline. On y reconnaît toute la série des micaschistes, auxquels s'ajoutent des roches basiques telles que des amphibolites. Le minerai de fer est un quartzite à hématite. Cette dernière présente en lumière polarisée réfléchie de très belles macles polysynthétiques. Quelques préparations montrent des cristaux de martite indiquant que l'hématite provient par pseudomorphose de la magnétite. De gros blocs d'une hématite pure, parfois spéculaire, jonchent le sol. Ces blocs sont transformés en surface par hydratation en une limonite. Je n'ai pu voir le contact de ces divers terrains.

Le gisement de Kien Lao, le plus méridional, traverse une plaine alluviale et se continue dans une petite vallée longitudinale. On n'y rencontre que des quartzites à tourmaline à grains automorphes en tous points identiques à ceux de Lang Phat. Le quartzite à magnétite n'affleure pas. On en trouve cependant quelques échantillons dans les galets roulés de la rivière. Par suite de la situation spéciale du gisement, sous le niveau hydrostatique de la plaine, le chapeau du fer seul est visible. Le minerai est formé d'hématite dans laquelle s'observent des cristaux de martite et quelquefois des cristaux de pyrite. Cette dernière fait entièrement défaut dans les autres gisements.

Le gisement de Vu Lao, enfin, est constitué par un monticule qui émerge dans la plaine alluviale. On n'y voit que de la limonite. Situé à seulement 6 kilomètres du gisement de Lang Lech et sur son prolongement, il peut être considéré comme un chapeau de fer transformé en limonite par l'effet des eaux, le quartzite à magnétite devant se trouver en profondeur.

La pureté remarquable du gîte primaire, quartzite à magnétite, fait penser à des grès très purs, sur lesquels s'est déposé du fer sous forme de précipité chimique, provenant soit de fer en dissolution dans les eaux d'apports continentaux, soit encore, comme le suggère Per Geijer (¹) pour des gisements semblables de Stripa en Suède, de fer magmatique porté au jour par des eaux hydrothermales. L'origine sédimentaire clastique doit en tous cas être rejetée, car les éléments impurs qui n'auraient pas manqué de se déposer avec le fer se seraient traduits, après le métamorphisme, par la présence de minéraux spéciaux dans le quartzite.

Cette composition très spéciale du gîte de fer primaire, sa concordance avec les roches encaissantes qui sont des terrains sédimentaires métamor-

(¹) *Sveriges Geologiska Undersökning*. Ser. Ca. n° 28, Stockholm, 1938, p. 42.

phisés, l'absence de filons dans tout cet ensemble ne laissent aucun doute sur son origine sédimentaire. Des gisements d'un même type, considérés comme sédimentaires, sont connus en Suède (Stripa), en Norvège (Dunderland), en Russie méridionale (Kriwog Rog), à Madagascar et en Chine (Hsuan Lung, province de Chihli). Partout ils sont très anciens, cambriens et précambriens, âge qui cadre avec celui que J. Fromaget (²) assigne aux terrains métamorphiques de la rive droite du Fleuve Rouge.

Il existe donc dans cette partie de l'Indochine une véritable ligne de minerais de fer longue de 80 kilomètres environ et qui est un ancien sédiment ferrugineux métamorphisé. Certains gisements montrent le gîte primaire, d'autres seulement le chapeau de fer de ce gîte, particularités qui sont liées à la topographie.

La Colonie posséderait ainsi le long du Fleuve Rouge, dans des conditions d'exploitation favorables, une grande réserve de fer.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la répartition géographique des points de chute de la foudre dans le département du Gers.* Note (¹) de M. CAMILLE DAUZÈRE, transmise par M. Charles Camichel.

Nous avons distingué (²), dans le département de la Haute-Garonne, trois zones relatives à la répartition géographique des points de chute de la foudre. Ces trois zones se retrouvent dans la carte de la foudre du département du Gers, voisin du précédent.

I. La zone à coups de foudre très rares est le prolongement de celle qui s'étend dans la Haute-Garonne et dans l'Ariège; elle est formée par les mêmes terrains, à savoir des mollasses de l'Armagnac très pauvres en éléments radioactifs; elle commence au nord-ouest de Pamiers pour finir au sud-est d'Auch.

II. La zone très foudroyée, analogue à celle du plateau de Lannemezan, n'existe pas dans le Gers. Néanmoins, toutes les informations que nous avons recueillies indiquent qu'il y a une zone assez vaste, où les coups de foudre sont plus fréquents que dans le reste du département; elle comprend la partie occidentale, voisine du département des Landes.

Les Services du Contrôle des Lignes Électriques ont délimité cette zone

(²) *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 23, 1, Hanoï, 1937, p. 90 et suivantes.

(¹) Séance du 27 décembre 1938.

(²) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1433.

par une ligne qui passe à proximité de Montréal, Vic-Fezenzac, Aignan, Plaisance. Si l'on examine la carte géologique, on voit que cette ligne coïncide approximativement avec la ligne générale de séparation des mollasses miocènes marines, à l'Ouest, avec les mollasses continentales dites de l'Armagnac, à l'Est. C'est une confirmation remarquable de l'influence de la constitution géologique du sol sur la foudre.

III. La zone moyenne s'étend sur le reste du département. Le sol est formé, comme dans la Haute-Garonne, d'une part par des mollasses de l'Armagnac, d'autre part par des alluvions anciennes. Celles-ci proviennent de la désagrégation des mollasses par les eaux courantes; elles occupent les terrains en pente douce de la rive gauche des cours d'eau qui divergent autour du Plateau de Lannemezan; elles sont à peu près complètement dépourvues de calcaire et donnent naissance au terrain arable appelé *boulbène* dans le pays. Ces boulbènes sont plus dangereuses pour la foudre que les mollasses plus ou moins calcaires dont elles proviennent.

La constitution géologique est assez uniforme dans cette zone moyenne. C'est pourquoi le relief du sol, qui n'a habituellement qu'un rôle secondaire, intervient dans certains cas; par exemple, les sommets des clochers (Bazian, Belmont, etc.) sont parfois frappés par la foudre. Dans d'autres cas, aussi fréquents, le relief est inopérant; il en est ainsi dans certains villages (Tudelle, Castillon-Massas, etc.), qui sont bâtis au sommet des côteaux, à l'intérieur d'une enceinte naturelle, constituée par une dénivellation, au pied de laquelle jaillissent des sources. Cette enceinte est la ligne de contact de deux étages des mollasses de l'Armagnac : celui de Sansan inférieur, celui de Simorre supérieur; tout le long de cette enceinte, les arbres et les maisons sont foudroyés, les accidents mortels répétés se produisent (Tudelle 1928 et 1931), tandis que le clocher voisin, au centre de l'enceinte, n'est jamais frappé. Ceci est une vérification des propriétés dangereuses des lignes de contact, que nous avons déjà signalées pour les terrains de la Haute-Garonne.

IV. Deux îlots de grande fréquence de la foudre, sur des espaces restreints, se rencontrent dans les mollasses calcaires, relativement peu dangereuses du haut Armagnac. L'un de ces îlots est constitué par le territoire des communes contiguës de Saint-Mézard et Pouy-Roquelaure, à l'ouest de Lectoure; son existence s'explique, comme celle des territoires analogues de la Haute-Garonne, par une accumulation locale de matières radioactives.

Un second îlot se trouve dans la commune de Tudelle; il est constitué

par l'enceinte très dangereuse dont nous venons de parler, et par les alentours boisés de certains gouffres, où se perdent les ruisseaux, dans cette région de mollasses très riches en calcaire; ceci s'explique par l'ionisation abondante de l'air qui s'échappe des gouffres et des grottes, comme nous l'avons montré ailleurs ([3]).

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles recherches préliminaires sur les synapses des Algues rouges.* Note de Mlle **Marie Celan**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

En reprenant l'étude des synapses chez les Algues rouges, nous avons pu confirmer et compléter les résultats précédemment obtenus ([1]). Nos recherches, poursuivies sur *Halopithys pinastroides* déjà étudié et sur plusieurs autres espèces (*Laurencia obtusa*, *Polysiphonia elongata*, *Ceramium rubrum*), ont porté surtout sur les plasmodesmes des cellules centrales. La structure de ces derniers apparaît, chez toutes les plantes étudiées, pareille à celle établie par Mangenot (*Revue Algol.*, 1924, p. 376-421) : chacune des deux membranes synaptiques enchâssées dans l'ouverture de la paroi cellulosopectique est une différenciation des surfaces protoplasmiques qui se trouvent directement en contact. Nous avons précédemment montré, en outre ([1]), que ces membranes présentent avec intensité les réactions de coloration considérées comme spécifiques des lipides ([2]). Nous indiquerons dans cette Note plusieurs faits nouveaux concernant les lipides ainsi mis en évidence dans les cellules centrales.

1. Le bleu d'indophénol naissant colore intensément et immédiatement, dans des conditions subvitales, les sypnases, non seulement des cellules centrales, mais encore des autres cellules végétatives d'Algues rouges fraîchement récoltées (*P. elongata*). De plus, le cytoplasme des cellules centrales est diffusément coloré dans les mêmes conditions : la teinte bleue diffuse est concentrée dans la partie distale de la cellule et s'affaiblit peu à peu à mesure que l'on considère des régions de plus en plus proximales. Cette observation est intéressante à deux égards : d'une part elle nous montre l'existence dans les cellules centrales de lipides cytoplasmiques

---

([3]) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1684; 198, 1934, p. 490; 199, 1934, p. 1645.

([1]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 856.

([2]) L. Lison, *Histochimie animale*, 1936.

diffus; d'autre part, elle met en évidence la dissymétrie caractéristique des cellules conductrices, dissymétrie précédemment signalée par Mangenot ([3]), à la suite d'observations portant sur les vacuoles.

2. La méthode de Ciaccio (1934), comportant essentiellement un traitement des objets par le nitrate de cadmium et l'acétone, puis la coloration par les noir ou rouge Soudan des lipides respectés par ce traitement, met en évidence les membranes synaptiques; toutefois, la réaction est moins intense, surtout chez certaines espèces (*P. elongata*), qu'avant l'acétone : il semble que les lipides de la membrane synaptique comprennent un mélange de lipides solubles dans l'acétone, même après action du sel de cadmium, avec un excès plus ou moins important de lipides respectés par ce solvant (lécithines). Les lipides cytoplasmiques diffus sont entièrement dissous par l'acétone.

3. La réaction de Romieu pour les lécithines est positive au niveau des synapses; la réaction proposée par le même auteur pour déceler les stérols est, au contraire, négative. Les lipides cytoplasmiques diffus, de même que ceux des synapses, sont conservés même après traitement par l'alcool et l'acétone, si le matériel a été préalablement mordancé dans une solution à base de bicromate de potassium. C'est ainsi que les uns et les autres peuvent être mis en évidence (en totalité pour ce qui concerne les lipides des synapses, en partie au moins pour les lipides cytoplasmiques), par la méthode de Smith-Dietrich, bien connue des biochimistes et révélatrice des composés lipidiques non saturés (lécithines; acides gras non saturés, etc.).

4. Les réactions des protéides (Millon-Denigès, Raspail, Biuret, Zacharias, Derrien-Turchini) sont négatives au niveau des synapses.

A ces faits nous ajouterons les observations suivantes :

1° Les membranes synaptiques se continuent en s'amincissant à la périphérie du cytoplasme des cellules centrales, hors du territoire compris dans le plasmodesme; chaque cellule centrale paraît entièrement recouverte d'une pellicule lipidique extrêmement fine, dont la membrane synaptique n'est que l'exagération.

2° Quelques auteurs [Philipps, P. Dangeard, Miranda, Rob. Lami (observations inédites)] ont signalé, au niveau des synapses de certaines espèces de *Callithamnion*, des filaments très fins, souvent épaissis en massue, formés par le cytoplasme et proéminant dans la grande vacuole centrale, où ils s'allongent en bouquet, se rétractent, se déforment; ces images

---

([3]) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1431.

donnent l'impression de figures myéliniques, figures dont on comprend maintenant parfaitement l'existence dans un cytoplasme très riche en lipides.

En résumé, ces constatations montrent l'existence d'une membrane lipidique hautement différenciée et paraissant constituée en grande partie de lécithines, à la surface du cytoplasme au niveau des plamodesmes, c'est-à-dire dans les conduits par lesquels ont lieu chez les Algues rouges les échanges entre cellules; cette membrane n'est d'ailleurs que l'exagération, en un lieu où les échanges sont particulièrement intenses, d'un dispositif existant, d'une manière très discrète, autour de toute la cellule; pour la première fois, la membrane lipidique, dont l'existence à la surface de la cellule a été supposée par divers physiologistes, est ici observée directement, d'une manière indubitable.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la possibilité de réaliser la culture indéfinie des tissus de tubercules de carotte.* Note de M. **Roger Gautheret**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

La culture indéfinie des organes végétaux a été réalisée par Ph. R. White, qui cultiva pendant plusieurs années des racines isolées. Mais la culture indéfinie des tissus végétaux, c'est-à-dire de fragments morphologiquement et anatomiquement indifférenciés, n'a pu encore être obtenue.

Nous sommes bien parvenu à cultiver le tissu cambial de *Salix capræa* (1), mais, malgré des repiquages réguliers notre souche qui demeura très active pendant 12 mois cessa de se développer au bout de 18 mois. Bien que nous n'ayons pas perdu l'espoir de voir aboutir nos recherches sur ce matériel, nous nous sommes adressé à d'autres tissus, en particulier à ceux du tubercule de carotte, qui avaient déjà fait l'objet de quelques tentatives de la part de Nobécourt (2). Nous avons repris les travaux de cet auteur (3) et remarqué que la concentration d'hétéro-auxine qu'il utilisait dans ses expériences est toxique (0,0005 pour 100) et provoque en outre la différen-

(1) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 572; **206**, 1938, p. 125.

(2) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 521.

(3) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 457; *Comptes rendus Soc. Biol.*, **127**, 1938, p. 259.

ciation des cellules. Au bout de 4 repiquages, les fragments cultivés dans le milieu utilisé par Nobécourt ne renferment généralement plus que de grandes cellules incapables de se multiplier.

Étudiant (4) alors l'action sur les tissus de carotte de différentes doses de cette substance, nous avons pu montrer que l'hétéro-auxine excite bien la prolifération des tissus. Toutefois la concentration la plus favorable, c'est-à-dire celle qui détermine la multiplication des cellules sans provoquer leur différenciation, est de l'ordre de 0,000001 pour 100. Cette concentration est 500 fois plus faible que celle utilisée par Nobécourt.

Nous inspirant de ces résultats, de ceux de nos précédentes expériences sur la culture du tissu cambial de saule et aussi des travaux de l'École américaine (White, Robbins), nous avons entrepris une série de recherches ayant pour but de réaliser la culture indéfinie des tissus de carotte. La manière de cultiver ces tissus a déjà été exposée dans des publications antérieures. De nombreux milieux ont été expérimentés; celui dont nous donnons la composition ci-dessous nous a paru le plus favorable.

Solution de Knop diluée de moitié	1^{l}
Solution minérale de Berthelot (5)	10 gouttes
ou cendres de levures	0^{g},3
Glucose	20^{g}
Gélose	13^{g}
Aneurine (vitamine B_1)	0^{g},001
Chlorhydrate de cystéine	0^{g},01
Acide indol-β-acétique	0^{g},00001

Les cultures étaient exposées à la lumière qui provoque le verdissement et favorise nettement le développement des tissus de carotte.

Les fragments s'accroissent régulièrement; on observe non seulement un épaississement des tissus, mais ceux-ci s'étendent à la surface du substratum et finissent par épouser la forme du tube de culture. Il faut alors procéder au repiquage, qui doit avoir lieu environ tous les deux mois. Chaque culture est d'abord nettoyée; les parties nécrosées, s'il y en a, sont éliminées ainsi que les racines qui ont pu se former. Le tissu est alors divisé en trois ou six fragments que l'on transporte dans des milieux neufs.

Un caractère intéressant du tissu de carotte cultivé *in vitro* est sa surpre-

(4) *Comptes rendus Soc. Biol.* (sous presse).
(5) *Bull. Soc. Chimie Biol.*, **16**, 1934, p. 1553. Cette solution fut utilisée par Nobécourt.

nante résistance. Ces cultures supportent sans dommage de grands écarts de température et manifestent une grande tolérance vis-à-vis des variations de l'humidité de l'air. Des cultures ayant été abandonnées pendant plusieurs mois reprennent leur développement dès qu'on les repique. Les cellules de ce tissu peuvent proliférer même si elles se trouvent au contact du substratum, ce qui ne se produit qu'exceptionnellement dans le cas du tissu cambial de Saule dont nous avons déjà signalé l'extrême fragilité. La structure des fragments cultivés est relativement simple. Ils sont formés d'une masse parenchymateuse parsemée de nodules méristématiques indifférenciés, constitués de petites cellules. De place en place on trouve également des assises génératrices rudimentaires donnant naissance dans les vieilles cultures à des cellules qui se lignifient. Notre souche de tissus de carotte a subi sept repiquages. Elle se développe actuellement depuis treize mois et son activité ne semble pas diminuer. Nous pensons donc qu'il nous sera possible de la conserver indéfiniment.

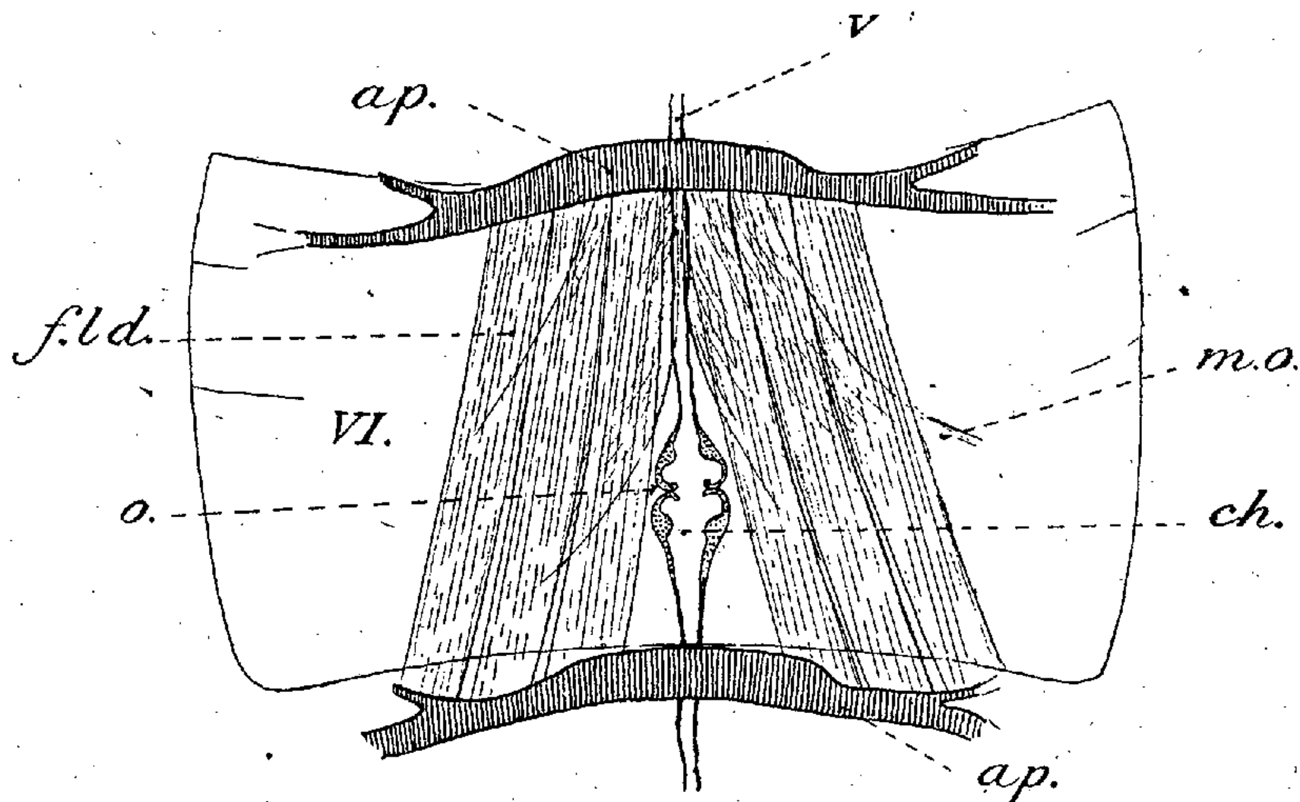
Les substances excito-formatrices ajoutées au milieu de culture (cystéine, aneurine, hétéro-auxine) accélèrent le développement, mais il n'est pas certain qu'elles soient indispensables et c'est à l'étude des besoins réels des tissus de carotte que nous consacrerons notre plus ancienne souche. Au cours des repiquages successifs nous avons éliminé les cultures dont le développement était trop lent. Celles que nous avons conservées (environ 50) sont à peu près toutes semblables et nous permettront donc de déterminer avec certitude l'influence des différents constituants de notre milieu sur la croissance des tissus.

En résumé, nos tentatives de culture des tissus de carotte nous ont permis d'isoler une souche qui se développe actuellement depuis plus d'un an sans que nous ayons observé un ralentissement de son activité. Nous pensons pouvoir conserver cette souche pendant un temps pratiquement illimité, réalisant ainsi pour la première fois la culture indéfinie des tissus végétaux.

ENTOMOLOGIE. — *Présence d'un vaisseau dorsal contractile chez les Protoures du genre* Acerentomon. Note de M. **M. Aubertot**, présentée par M. Louis Bouvier.

Bien que considérés comme des Insectes, les Protoures sont dépourvus à la fois d'yeux et d'antennes; la présence d'un appareil trachéen est limitée au genre *Eosentomon* et l'on admet qu'aucun représentant du groupe ne

possède de vaisseau dorsal contractile. Dans sa Monographie magistrale, Berlese (1909) considère comme une particularité remarquable de ces curieux petits Arthropodes l'existense d'un *cordone pericardico*, sorte de tube ou mieux d'auge de diamètre uniforme, allongée suivant la ligne médico-dorsale du *setto pericardiale* dont elle paraît représenter un épaississement linéaire; ce cordon est doué d'une certaine élasticité et par là susceptible de contribuer passivement à la circulation grâce aux mouvements de protraction et de rétraction des segments abdominaux. A la suite de Berlese, ce tube simple a été signalé et même figuré, mais toujours



Sixième segment abdominal d'un *Acerentomon* vu par la face dorsale. — *ap*, apodèmes des tergites 6 et 7; *f. l. d.*, faiseaux musculaires longitudinaux dorsaux; *m, o.*, muscles obliques intertergaux; *v.*, vaisseau dorsal; *cb.*, chambre segmentaire; *o.*, ostiole.

comme une formation particulière, différant notablement du vaisseau pulsatile des Myriapodes ou des Insectes.

L'absence de cœur chez les très petits organismes, tels que les Tardigrades, les Pauropodes qui sont sensiblement du même ordre de grandeur que les Protoures, est regardée par Verhoeff (1934) comme une adaptation à la taille réduite de ces animaux, conformément à son principe d'économie (*Sparsamkeitsprinzip*). Or, si ce principe est, dans un grand nombre de cas, fort satisfaisant pour l'esprit, il importe cependant de ne le considérer que comme une sorte de dérogation aux lois de l'Anatomie comparée, de sorte qu'il n'y a pas lieu d'être trop surpris lorsque l'on découvre chez un animal minuscule un organe passé jusqu'alors inaperçu et dont l'absence se justifiait aisément.

En examinant attentivement par la face dorsale un *Acerentomon* vivant (voisin d'*A. gallicum* Ionescu, hêtraie de Stambach près Saverne), j'ai vu fonctionner un vaisseau dorsal typique : c'est un tube allongé, transparent, musculeux, d'un diamètre moyen de 4 à 5$^\mu$, qui s'étend du deuxième segment thoracique au septième segment abdominal où il se termine en cæcum. Dans chacun des segments de l'abdomen, ce tube se dilate en une chambre contractile pourvue d'une paire d'ostioles et logée dans l'espace triangulaire délimité par le bord interne des faisceaux musculaires longitudinaux dorsaux et l'apodème du segment suivant. Les parois de chaque chambre présentent de part et d'autre des ostioles des épaississements plus ou moins accentués. Il existe ainsi sept chambres segmentaires consécutives (diamètre de 8 à 15$^\mu$ à l'état de diastole), situées dans les sept premiers anneaux de l'abdomen; les segments abdominaux 8-12, en effet, très mobiles chez l'*Acerentomon*, ne renferment aucune trace de vaisseau dorsal. Dans la région thoracique, le vaisseau s'étire progressivement en une aorte fortement contractile que j'ai perdu de vue dans la partie moyenne du deuxième segment thoracique.

L'appareil rappelle tout à fait, dans son ensemble comme dans certains détails, ce que l'on observe, avec plus de facilité, chez les larves cristallines de certains Nématocères (*Chaoborus*). Les cœurs segmentaires sont le siège de pulsations rythmées : dans les conditions de l'observation, les systoles, assez irrégulières par instants, se produisent à la cadence moyenne d'une par seconde; en liaison avec ces contractions, le tube tout entier est parcouru par des ondes péristaltiques dirigées d'arrière en avant.

J'ai pu répéter ces observations, toujours avec le même succès, sur tous les *Acerentomon* vivants, d'espèces différentes, récoltés à Stambach. Il me reste à les compléter par l'étude de coupes histologiques et à les étendre à des représentants d'autres genres de Protoures. Une observation toute récente, malheureusement interrompue par un accident, m'a déjà montré l'existence d'un vaisseau dorsal dans le genre *Eosentomon*.

ZOOLOGIE. — *Géonémie des Téléostéens dyssymétriques.*
Note de M. **Paul Chabanaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

La totalité des Téléostéens dyssymétriques vivants (*alias* Poissons pleuronectes) se répartit en un minimum d'une quinzaine de groupes (familles

et sous-familles), dont on peut considérer la plupart comme parfaitement individualisés (1).

Chacun de ces groupes témoigne d'une chorologie qui lui est propre et qui, par cela même, permet de supputer la localisation paléogéographique de son centre de dispersion.

Il apparaît, d'autre part, que la géonémie actuelle de ces organismes est principalement conditionnée par la température. La salinité n'intervient qu'à titre secondaire et seulement, en général, lorsqu'elle s'abaisse au-dessous de 20 pour 1000; c'est ainsi que, dans la Baltique et la mer Noire, ne vivent que des formes endémiques, avec quelques espèces euryhalines. Le pH et l'irradiation semblent n'avoir d'influence que sur la répartition bathymétrique, à la limitation de laquelle concourt peut-être aussi la température.

L'action des courants marins n'est pas à éliminer dans la dispersion d'espèces douées d'une longue existence pélagique (*Scophthalmidæ*, entre autres). Les courants froids étendent la géonémie des groupes vers l'équateur, les courants chauds, vers les pôles; mais, dans chaque cas particulier, l'effet s'arrête au seuil d'une certaine élévation ou d'un certain abaissement de la température. Le balancement annuel des isothermes régle la migration de certains adultes (*Hippoglossus*, *Psettodes*).

Pris dans leur ensemble, les Téléostéens dyssymétriques sont sténothermes. Il existe une sténothermie propre à chaque groupe et, à l'intérieur de ceux-ci, une sténothermie, ou, plus rarement, une eurythermie particulière à chaque espèce.

Au delà de 58° S, les littoraux antarctiques n'hébergent aucun Téléostéen dyssymétrique. Sur le reste du globe, jusqu'à 70° N et même (Spitzberg) 80° N, les agrégats de genres se répartissent ainsi :

1° Deux groupes septentrionaux, eucratiques (2) et même cryophiles. (*a*) Les *Pleuronectidæ*, ubiquistes; une espèce atteint 80° N (0° à 5° C), quelques autres 70° N; aucune ne dépasse vers le Sud : dans l'Atlantique européen 36° N, dans l'Atlantique américain 42° N (15° à 20° C), dans le

(1) P. Chabanaud, *Mém. Inst. Égypte*, 32, 1937, p. 1-125. Entre temps, diverses modifications ont été apportées à la classification proposée dans ce mémoire : les sous-familles *Pœcilopsettinæ*, *Brachypleurinæ* et *Samarinæ* sont élevées au rang de familles; les *Paralichthodinæ* sont exclus des *Pleuronectidæ* et rattachés aux *Brachypleuridæ* (*novo sensu*); les *Cynoglossidæ* sont subdivisés en deux sous-familles : les *Symphurinæ* et les *Cynoglossinæ*.

Pacifique 23° N (20° à 25° C). (*b*) Les *Scophthalminæ*, cantonnés dans l'Atlantique : sur la côte américaine, entre 30° et 44° N; sur les côtes eurafricaines, entre 30° N et le cercle polaire (Islande).

2° Un groupe austral, eucratique, les *Rhombosoleidæ*. Province Néo-Zélandaise; côtes E et S de l'Australie; côte E de l'Amérique, entre 36° et 38° S.

3° Tous les autres groupes sont tropicaux, mais plusieurs s'étendent à diverses distances au sud et au nord des tropiques. (*a*) Les *Paralichthyinæ*, les *Bothinæ* (1) et les *Symphurinæ* sont ubiquistes. (*b*) Les *Soleidæ* sont des ubiquistes non américains (de 62° N en Europe, à 40° S en Australie). (*c*) Sont pantropicaux non américains : les *Psettodidæ* et les *Cynoglossinæ* (ceux-ci jusqu'à 40° N en Afrique, 40° N en Asie et 40° S en Australie). (*d*) *Pœcilopsettidæ* : Atlantique américain; Afrique australe; océan Indien nord; archipel Malais. (*e*) *Brachypleuridæ* : archipel Indo-Australien; golfe du Bengale; Afrique australe. (*f*) *Achiridæ*; strictement américains : côte pacifique, entre 36° N et 6° S (isothermes N et S de 20° C); côte atlantique, entre 42° N et 42° S (isothermes N et S de 15° C).

Du cap de Bonne-Espérance aux environs du tropique du Capricorne, règne une zone relativement froide (15° C), qui semble avoir intercepté l'extension de la plupart des groupes indo-pacifiques sur la côte atlantique de l'Afrique; seuls, les genres *Synaptura*, *Heteromycteris* et *Cynoglossus* se sont propagés, le long de cette côte, jusque dans l'hémisphère nord.

Les *Pleuronectidæ* et les *Scophthalminæ* tirent vraisemblablement leur origine des aires néritiques inféodées aux anciens continents d'Angara et Nord-Atlantique. Les *Rhombosoleidæ* sont nés sur le littoral sud du continent de Gondwana. La Thétis a dû servir de berceau à tous les autres groupes; toutefois, les *Achiridæ*, les *Soleidæ* et les *Cynoglossidæ* typiques (*Cynoglossus*, *Paraplagusia*), dérivés possibles d'un ancêtre commun et proche parent des *Pleuronectidæ*, se sont individualisés à la faveur d'une ségrégation précoce, qui a déterminé l'isolement des *Achiridæ* au sein des eaux américaines, où n'ont pu pénétrer ni les *Soleidæ*, ni les *Cynoglossidæ cynoglossinæ*.

(1) Εὔκρατος, tempéré.

PHYSIOLOGIE. — *Analyse chronaximétrique du blocage de la conduction dans les nerfs : réalisation d'un hétérochronisme paralysant.* Note de M. **Paul Chauchard**, présentée par M. Louis Lapicque.

La transmission *intercellulaire* de l'excitation exige un accord chronologique entre les deux éléments (isochronisme de L. Lapicque). Si, comme on l'admet généralement, la conduction le long d'un nerf dans sa continuité est un phénomène de nature électrique, si, ainsi que l'écrit Bremer, le courant électrique qui résulte de la négativité locale due au stimulus, *agit à son tour, comme stimulus et excite à distance les fibres nerveuses, y faisant naître une nouvelle onde de négativité qui se propage ainsi de proche en proche en se régénérant* [hypothèse de Hermann, reprise et développée par L. Lapicque et R. Lillie, confirmée par les récentes expériences de Hodgkin (1)], les facteurs chronologiques doivent également y jouer un rôle important : une onde d'intensité limitée, telle que l'onde d'influx, ne doit pouvoir se propager que s'il existe une certaine uniformité de la chronaxie le long du nerf; un hétérochronisme trop accentué devrait arrêter la conduction nerveuse comme la transmission entre éléments distincts. Or les recherches consacrées au blocage de la conduction nerveuse n'ont pas jusqu'ici fait ressortir ce point de vue.

C'est cette question à laquelle nous nous sommes attaché (2) : nos expériences ont porté soit sur des fibres préganglionnaires du sympathique cervical chez le Lapin, soit sur des fibres motrices du sciatique de Grenouilles; les blocages de la conduction étaient réalisés par application de solutions toxiques variées sur le nerf (longueur de la zone intoxiquée 1^{cm} environ).

Nous avons tout d'abord constaté que le blocage de la conduction était en rapport avec une variation excessive de la chronaxie, quel que soit son sens; il existe deux grandes classes d'agents bloqueurs de la conduction; *a.* ceux qui bloquent avec diminution de chronaxie (strychnine, chloroforme, anesthésiques locaux, etc.); *b.* ceux qui bloquent avec augmentation de chronaxie (spartéine, nicotine, solanine, chloral etc.). Dans les deux cas,

(1) *Journ. of Physiol.*, 90, 1937, p. 183 et 211.

(2) Résultats détaillés dans P. Chauchard, *Les facteurs de la transmission ganglionnaire*, Paris (sous presse).

après une importante variation de chronaxie (augmentation ou diminution de 5 à 10 fois sa valeur normale), la rhéobase d'abord peu variable, augmente considérablement et le nerf devient inexcitable. Les excitations portées en amont deviennent toujours plus rapidement inefficaces. L'arrêt de la conduction est bien en rapport avec la variation excessive de chronaxie; il existe un antagonisme direct entre les deux types d'agents; l'application successive par exemple, de strychnine et de spartéine sur une même zone du nerf empêche le bloc ou raccourcit sa durée.

Il convient de rappeler que des variations excessives du potentiel ont pu également être invoquées comme facteur du blocage; de par leur action sur ce potentiel, les poisons du nerf se répartissent également en deux groupes [Bishop ([3])]; un rapport existe certainement entre les deux ordres de faits.

Mais l'arrêt de conduction observé provient-il vraiment de l'hétérochronisme? On ne saurait dans ce cas l'affirmer, car il se pourrait que le nerf fût à ce moment absolument inapte à fonctionner dans la zone intoxiquée.

Il nous a cependant été possible de réaliser un véritable hétérochronisme paralysant : l'application en deux zones contiguës du nerf de poisons agissant en sens inverse sur la chronaxie, peut provoquer un blocage de la conduction, alors que chacune de ces deux applications faite isolément, n'arrêtait pas la conduction pour les excitations portées en amont. Il n'y a qu'à réaliser un hétérochronisme suffisant le long du nerf (chronaxie aval 8 à 10 fois plus grande ou plus petite que la chronaxie amont). Les deux portions de nerf sont restées excitables, mais la transmission de l'excitation n'est plus possible de l'une à l'autre. La conduction se rétablit dès qu'au décours de l'intoxication les chronaxies redeviennent suffisamment voisines, c'est-à-dire dans un rapport moindre que de 1 à 8 ou 10. Il est possible d'accélérer ce dernier phénomène : dans une expérience où le blocage s'était réalisé entre une portion amont strychninée de capacité chronaxique 40 mμF (juste avant blocage) et une portion aval spartéinée de capacité 400 à ce moment (capacités normales 100), en appliquant en amont un peu de spartéine, la chronaxie remonta rapidement, et quand elle eut atteint une capacité de 70, la conduction se rétablit. On aurait pu également appliquer de la strychnine en aval pour diminuer la chronaxie la plus élevée.

Ces expériences montrent la possibilité de réaliser un hétérochronisme

---

([3]) *Journ. of Cell. and Comp. Physiol.*, 1, 1932, p. 177.

paralysant le long du nerf. Mais alors que pour la transmission neuromusculaire il suffit d'un faible degré d'hétérochronisme pour empêcher la transmission (variation du simple au double), pour le blocage de la conduction, il faut un hétérochronisme considérable.

C'est tout d'abord qu'à la synapse, l'un des deux éléments seul étant sensible, on peut réaliser une brusque variation chronaxique, tandis que sur le nerf, il y a par diffusion transition graduelle entre régions saines et région intoxiquée [L. et M. Lapicque ([1])]. De plus, l'intensité de l'influx paraît être supraliminaire vis-à-vis de la rhéobase du nerf (coefficient de sécurité de Hodgkin); on comprend que, dans de telles conditions, l'accord des chronaxies n'a pas besoin d'être rigoureux comme lorsque l'intensité excitante est juxtaliminaire.

La difficulté pratique de réaliser un hétérochronisme suffisant sur une assez petite distance a pu être tournée grâce à deux intoxications adjacentes de signe contraire.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Verres correcteurs pour les opérés de la cataracte.* Note de M. **Aron Polack**, présentée par M. Charles Fabry.

Il est possible et même probable que l'œil normal n'ait rien à redouter des radiations ultraviolettes, émises par les sources usuelles d'éclairage. Les craintes de leur action nocive sur l'organe visuel semblent bien exagérées.

Il en est autrement pour l'œil opéré de la cataracte, pour celui surtout qui a subi l'extraction du cristallin dans sa capsule et qui de ce fait est devenu plus perméable aux radiations ultraviolettes. On sait que le cristallin est fluorescent, qu'il absorbe une quantité notable de ces radiations et en diminue d'autant la pénétration dans le corps vitré.

Après l'extraction intracapsulaire du cristallin cataracté, l'acuité visuelle peut remonter à la normale; mais cet excellent résultat, qu'il n'est pas rare d'observer dans la première période post-opératoire, ne se maintient pas toujours, souvent l'acuité visuelle baisse à la longue, sans que l'on puisse constater d'autres modifications ophtalmoscopiques qu'un certain trouble du vitré, d'ailleurs inconstant.

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 74, 1913, p. 1012.

On peut se demander si cette baisse de l'acuité visuelle et ce trouble du vitré ne sont pas imputables à l'excès de lumière ultraviolette, à laquelle la suppression du cristallin ouvre un large passage. Les données précises manquent encore pour répondre à cette question inquiétante; mais le doute seul suffit pour imposer au praticien l'obligation de chercher à protéger l'œil opéré par des verres correcteurs ayant les propriétés d'absorption du cristallin.

Les verres contenant du didyme, répandus sous des noms divers, ne répondent pas à ces désidérata. Ils ont l'inconvénient, comme je l'ai déjà montré ([1]), d'absorber les radiations jaunes, sur lesquelles se fait la mise au point de l'image rétinienne. Cette mise au point, affirmée par Newton, est actuellement confirmée par l'expérience; elle réalise, étant donné le chromatisme de l'œil, les meilleures conditions de la vision distincte (*Bull. de la Soc. Franç. d'Ophtalmologie*, 35, 1922, p. 281).

Par sa bande d'absorption dans le jaune, le didyme, qui est un mélange de néodyme et de praséodyme, modifie défavorablement ces conditions et se rend impropre à la fabrication des verres de lunettes. Par contre, le cérium seul, débarrassé du néodyme et du praséodyme, convient parfaitement à cet usage. Des verres au cérium pur, exempt de didyme, ont été récemment réalisés sur ma demande. Ces verres permettent de placer l'œil, privé de son cristallin, dans les conditions de l'œil normal en ce qui concerne le spectre de transmission. En effet, sous une épaisseur de 6^{mm} ils absorbent complètement tout l'ultraviolet jusqu'à 3500 Å, ne laissent passer que 1,5 pour 100 de 3600, 12 pour 100 de 3700, 42 pour 100 de 3800 et 61 pour 100 de 3900 Å. Ces mesures correspondent au verre le moins riche en cérium.

Taillés dans cette nouvelle matière optique, les verres à cataracte méritent davantage d'être qualifiés de *correcteurs*, car ils ne se bornent pas à corriger, comme ceux employés jusqu'ici, les défauts de réfraction, mais de plus ils ramènent le spectre de transmission à celui de l'œil normal.

Les observations cliniques sont encore trop peu nombreuses et trop insuffisamment prolongées pour que nous donnions les résultats.

([1]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 488.

ÉPIDÉMIOLOGIE. — *Présence du virus poliomyélitique dans le contenu intestinal d'un enfant vivant en milieu familial infecté. Isolement du virus.* Note de MM. **Pierre Lépine** et **Paul Sédallian**, présentée par M. Louis Martin.

L'hypothèse de l'origine digestive de la poliomyélite épidémique, défendue par C. Kling, de Stockholm, a reçu un support expérimental avec les travaux [Kling, Levaditi et Lépine (1)] qui ont montré la possibilité : 1° d'infecter le singe *Macacus cynomolgus* par voie digestive sans aucune préparation; 2° de suivre l'infection depuis la barrière intestinale jusqu'au système nerveux en passant par les ganglions mésentériques; 3° de conserver vivant le virus poliomyélitique pendant 114 jours dans l'eau de conduite stérilisée à la température du laboratoire. Des recherches cliniques récentes en Amérique [Harmon (2), Trask, Vignec et Paul (3)] et en Suède (4) ont confirmé d'anciennes observations [Kling, Petterson et Wernstedt (5), Sawyer (6)], en démontrant la présence du virus poliomyélitique dans les selles et les ganglions mésentériques de malades atteints de paralysie infantile.

Nous avons appliqué ces notions à la recherche de porteurs sains de virus à propos d'un cas mortel de maladie de Heine-Medin de l'adulte, où nous avons cherché dans l'entourage du malade l'étiologie possible de l'infection.

M. G... présente le 1er novembre 1937 un état fébrile (39°) avec courbature et céphalée, sans angine, qui persiste les jours suivants. Le 7 novembre, son état s'aggrave subitement par l'apparition d'un syndrome abdominal avec vomissements bilieux, pour lequel le diagnostic d'angiocholite est porté. Le malade, envoyé dans le service hospitalier de l'un de nous, est vu le 8 au matin. Il présente depuis la veille au soir *une paralysie du voile, prédominant à droite, et du pharynx,* ainsi que des signes de bronchopneumonie et de défaillance cardiaque. Aucun autre signe paralytique. Intégrité complète des nerfs moteurs oculaires, facial et hypoglosse, ainsi que des

---

(1) *Bull. Ac. Méd.*, **102**, 1929, p. 158.

(2) *Journ. Amer. Med. Ass.*, **109**, 1937, p. 1061.

(3) *Proc. Soc. Exp. Biol. a. Med.*, **38**, 1938, p. 147.

(4) C. Kling, communication orale et *Bull. Off. Intern. Hyg. publ.*, **30**, 1938, p. 2446.

(5) *Comm. Inst. Med. État Stockholm*, **3**, 1912, p. 5.

(6) *Am. Jl. Trop. Diseases and Prev. Med.*, **3**, 1915, p. 164.

membres. Décès quelques heures après l'examen. L'autopsie ne montre rien à l'examen macroscopique hormis la bronchopneumonie par paralysie vagale. Par contre, l'examen histologique du bulbe révèle des *lésions typiques et étendues de poliomyélite.*

Le 8 décembre, on recueille un échantillon des matières fécales des deux enfants du malade, Hélène G..., 7 ans, et José G..., 6 ans, tous deux en bonne santé. Les selles reçues à Paris le 12 décembre ont été traitées selon une technique dont le principe est inspiré de celle de Trask, Vignec et Paul. Cette technique, mise au point par l'un de nous à l'Institut Pasteur, en traitant le produit supposé virulent par un antiseptique volatil allié à la centrifugation à très grande vitesse et à la concentration sous vide de l'extrait, permet d'obtenir finalement un résidu pur de toute contamination bactérienne et d'une teneur enrichie en virus. Deux *Macacus rhesus* ont été inoculés le 13 décembre, l'un (n° 29) avec le produit des selles d'Hélène, l'autre (n° 30) avec le produit des selles de José. Ce dernier survit sans présenter de manifestation poliomyélitique. Par contre, le *rhesus* n° 29 présente le 26 décembre une paralysie des extenseurs de la jambe droite, qui évolue les jours suivants en *paraplégie poliomyélitique typique.* L'animal est sacrifié le 30 décembre. L'examen histologique de sa moelle montre des lésions typiques et intenses.

Les enfants G... sont restés indemnes de toute manifestation paralytique de la maladie de Heine-Medin. Le 25 octobre, José avait eu un mouvement fébrile (38°7), un vomissement le lendemain, apyrexie et guérison le 27. Le 28 octobre, Hélène avait présenté les mêmes symptômes; le 30, elle était guérie. Si l'on interprète cet épisode fébrile, qui a précédé la maladie du père, comme une forme abortive d'infection, il n'en est que plus intéressant de constater 41 *jours après* la présence du virus poliomyélitique dans le contenu intestinal de l'enfant.

A $15^h 50^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Minéralogie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *L. de Launay*.

En première ligne..........	M. **Emmanuel de Margerie**.
En seconde ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*....	MM. **Léon Bertrand**, **Paul Fallot**, **Paul Gaubert**, **Paul Lemoine**, **Albert Michel-Lévy**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 16h50m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de décembre 1938 (*fin.*)

Ueber den Einfluss der Basedow'schen Krankheit und verwandter Zustände auf das Längenwachstum, nebst einigen Gesetzen der Ossifikation, par J. Holmgren. Leipzig, Druck von Metzger et Wittig, 1909; 1 vol. 25^{cm} (en langue allemande).

Till frågan om Gasembolier vid Konstgjord Pneumothorax, par Israël Holmgren. Stockholm, Isaac Marcus' Boktryckeri-Aktiebolag, 1912; 1 fasc. $21^{cm},5$ (en langue suédoise).

Arbeten från Medicinska Kliniken I, par Israël Holmgren. Del II. 1914; Del IV 1916; Del V. 1917; Del VI. 1918; Del VII. 1919; Del VIII. 1920; Del IX. 1921; Del X. 1922. Stockholm, Isaac Marcus' Boktryckeri-A.-B.; 8 vol. 23^{cm} (en langue suédoise).

Arbeten från 1 : sta Medicinska Kliniken, par Israël Holmgren. Del XII-XIII. 1924-1925; Del XIV. 1925 : 2. Stockholm, Isaac Marcus' Boktryckeri-A.-B.; 2 vol. 23^{cm} (en langue suédoise).

Reservation och förslag i frågan om nytt Kliniskt sjukhus, par Israël Holmgren. Stockholm, Norstedt et Söner, 1925; 1 vol. $23^{cm},5$ (en langue suédoise).

Arbeten och Småtryck från första Medicinska Kliniken, par Israël Holmgren. Del XV. 1926; Del XVI. 1927; Del XVII. 1928; Del XVIII. 1929; Del XIX-XX. 1930-1931; Del XXI. 1931 : 2; Del XXII. 1932 : 1; Del XXIII. 1932 : 2; Del XXIV. 1933 : 1; Del XXV. 1933 : 2; Del XXVI. 1934; Del XXVII. 1935; Del XXVIII. 1936. Stockholm, Isaac Marcus' Boktryckeri-A.-B.; 13 vol. 23^{cm} (en langue suédoise).

Invärtes Sjukdomar. Del I. *Inledning Till framställningen om de invärtes Sjukdomarna,* par Israël Holmgren, et *Om infektioner och infektions-Sjukdomar,* par Ernst B. Salén, *in Medicenskt Folkbibliotek.* Stockholm, Albert Bonniers Förlag, 1933; 1 vol. $19^{cm},5$ (en langue suédoise).

Peter F. Holst minnesord vid Svenska Läkaresällskapets sammankomst den 29 januari 1935, par Israël Holmgren. Stockholm, Isaac Marcus' Boktryckeri-Aktiebolag, 1935; 1 notice nécrologique $23^{cm},5$ (en langue suédoise).

Arbeten och Småtryck, par Israël Holmgren. Del I. 1937; Del II. 1938. Stockholm, Isaac Marcus' Bocktryckeri-A.-B.; 2 vol. 23^{cm} (en langue suédoise).



Librairie-Imprimerie GAUTHIER-VILLARS

Tél. : DANTON 05-11 et 05-12 **55, Quai des Grands-Augustins, PARIS (6e)**

Collection des Publications du Ministère de l'Air

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES DU MINISTÈRE DE L'AIR

Fascicules in-8 (27×18,5) *se vendant séparément :*

. **ROY (Maurice). — Recherches théoriques sur le rendement et les conditions de réalisation des systèmes motopropulseurs à réaction.** Préface de M. JOUGUET. In-8 de 214 p., avec 53 fig.; 1930. **30 fr.**

. **GAY (A.). — Recherches sur l'hydrodynamique des liquides visqueux.** Préface de M. Henri VILLAT. In-8 de VI-126 pages; 1931 .... **25 fr.**

. **ALAYRAC. — Étude des écoulements irrotationnels dans l'espace.** In-8 de IV-47 p., avec fig.; 1931 . **20 fr.**

. **GIRAULT (Maurice). — Méthode géométrique de tracés de profils d'ailes et de corps fuselés. — Essai sur la viscosité en Mécanique des fluides.** In-8 de 34 pages, avec figures et 7 planches; 1931... **25 fr.**

. **REBUFFET. — Soufflerie aérodynamique à dynamomètres électrométriques du Service des recherches de l'Aéronautique.** Avec préface de A. ALAYRAC. In-8 de 126 p., avec 82 fig. et planches; 1932. **30 fr.**

. **FROMY. — Déviations radiogoniométriques à bord d'avion.** In-8 de 46 pages, avec 12 figures; 1932. **20 fr.**

. **GODCHOT et CAUQUIL. — Contribution à l'étude physico-chimique des carbures cyclamiques,** 42 p.

CARRIÈRE et LAUTIÉ. — Recherches des constituants des essences d'aviation par mesure de densités ou d'indices de réfraction ou de viscosités, 12 pages.

SCHMITT. — Étude comparative des colonnes à distiller en vue de la séparation des carbures d'hydrogène, 14 pages.

Les trois Mémoires ensemble, formant un in-8 de 78 pages; 1932 .... **25 fr.**

. **CARAFOLI (Élie). — Recherches expérimentales sur les ailes monoplanes, exécutées à l'Institut aérotechnique de Saint-Cyr.** Préface de M. TOUSSAINT. In-8 de 108 pages, avec 1 planche et 38 figures; 1932 .... **25 fr.**

. **MAGNAN (A.) et SAINTE-LAGÜE (A.). — Études des trajectoires et des qualités aérodynamiques d'un avion par l'emploi d'un appareil cinématique de bord.** In-8 de 104 pages, avec 72 figures et planches; 1932 .... **25 fr.**

. **TREMBLOT. — Applications des méthodes interférentielles à l'étude de l'écoulement des gaz aux grandes vitesses.** In-8 de 78 pages, avec 30 figures et 3 planches .... **20 fr.**

. **DUCHÊNE (R.). — Étude de la combustion des mélanges gazeux.** In-8 de 72 pages, 31 figures et 8 planches .... **20 fr.**

. **MAGNAN (A.) et SAINTE-LAGÜE (A.). — Sur la distribution des vitesses aérodynamiques autour d'un avion en vol.** In-8 de 62 pages, avec 51 figures. **20 fr.**

13. **ALAYRAC (A.). — Étude des écoulements irrotationnels dans l'espace à trois dimensions** (suite de la publication n° 3). In-8 de 92 pages, avec 16 figures. **25 fr.**

14. **DAMIAN (J.). — Méthode d'appréciation des lubrifiants.** In-8 de 28 pages, avec 5 figures et 1 planche. **9 fr.**

15. **LEDOUX (Cdt Ch.). — Étude de la déformation des hélices.** In-8 de 128 pages, avec 54 figures; 1932. **30 fr.**

16. **PONCIN (H.). — Recherches sur le mouvement d'un fluide pesant dans un plan vertical.** In-8 de 108 pages, avec 16 figures; 1932 .... **25 fr.**

17. **CHAMPSAUR (N.). — Étude sur la transmission de la chaleur à l'eau de refroidissement dans un moteur d'aviation. Application à la comparaison des carburants. Mesures de la détonation.** In-8 de 108 pages avec figures et graphiques; 1932... **30 fr.**

18. **PONCIN (H.). — Sur les cavitations de forme permanente.** Préface de M. Henri VILLAT. In-8 de 126 pages, avec 15 figures; 1932 .... **25 fr.**

19. **HERZOG. — Sur l'oxydation électrochimique de la protection du fer et des duralumins dans les solutions salines aérées.** Préface de M. Georges CHAUDRON. In-8 de 88 pages, avec 18 figures et 6 planches; 1933 .... **25 fr.**

20. **BASTIEN. — Études des alliages magnésium-aluminium-cuivre riches en magnésium.** Préface de M. Léon GUILLET. — **Contribution à l'étude des propriétés de fonderie des métaux et alliages.** Préface de M. Albert PORTEVIN. In-8 de 144 pages, avec 170 figures dont un diagramme; 1933..... **30 fr.**

21. **ANDANT (A.). — Application de l'effet Raman et de l'absorption ultraviolette à l'identification des carbures d'hydrogène.** Préface de M. A. COTTON. In-8 de x-76 pages, avec 71 figures; 1933. **25 fr.**

22. **SADRON. — État actuel des recherches expérimentales sur les anneaux de tourbillons dans les gaz. Contribution à l'étude expérimentale des phénomènes aérodynamiques aux faibles vitesses.** In-8 de 52 pages, avec 19 figures; 1933 .... **20 fr.**

23. **AUBERT (Jean). — Contribution à l'étude de la corrosion du fer. Potentiels du fer et des constituants de l'acier dans les divers milieux : passivité, activité.** Préface de M. A. TRAVERS. In-8 de 68 pages, avec 11 figures; 1933 .... **20 fr.**

24. **LAFAY (A.). — Prévision de l'action du vent dont la direction varie rapidement. Applications à l'effet Katzmayr et à l'autorotation. Obtention des aérogrammes par réfringence. Modification du sillage des corps,** première Partie. In-8 de 50 pages, avec 9 figures; 1933 .... **20 fr.**

25. **NOGUES (P.). — Recherches expérimentales de Marey sur le mouvement dans l'air et dans l'eau.** In-8 de 120 pages, avec 14 figures; 1933 .... **30 fr.**

26. **BOUASSE. — Tourbillons donnés par les jets de très petites vitesses (Currentilignes).** In-8 de 102 p., avec 45 figures; 1933........................ **25 fr.**

27. **BOURDIOL. — Contribution à l'étude de la viscosité et de la congélation des huiles.** Préface de M. AUBERT. In-8 de 128 pages, avec 33 figures; 1933. **25 fr.**

28. **HARDOUIN (Maurice). — Étude des flux d'épuration et de protection du magnésium et de ses alliages pendant leur fusion dans les creusets et leur coulée dans les moules.** Préface de M. R. DE FLEURY. In-8 de 56 pages, avec 18 figures, 14 planches et 6 tableaux; 1933.............. **20 fr.**

29. **VASILESCO (Florin). — Sur le calcul du potentiel des vitesses en hydrodynamique.** In-8 de 36 pages; 1933.................................... **15 fr.**

30. **ROUSSILHE (H.). — Annales de la photographie aérienne (1931-1932).** Tome I. In-8 de 134 pages, avec 3 planches; 1933.................... **25 fr.**

31. **CHAMPSAUR (N.). — Mesure de l'étanchéité intérieure des moteurs à explosion. Étude du gommage.** Préface de M. MARTINOT-LAGARDE. In-8 de 70 pages, avec 12 figures et 1 planche; 1933... **25 fr.**

32. **CAILLON (André). — La fonderie du magnésium.** Préface de M. R. DE FLEURY. In-8 de 150 pages, avec 70 figures; 1933.......................... **30 fr.**

33. **BOUHET (Ch.) et LAFONT (R.). — Recherches sur l'étalement de l'huile de ricin et de diverses glycérines à la surface de l'eau.** In-8 de 52 pages, avec 31 figures; 1933........................... **18 fr.**

34. **LECOMTE (Jean) et LAMBERT (Pierre). — Quelques applications des spectres d'absorption infrarouges à l'étude des constituants des essences (carbures à noyaux).** Préface de M. A. COTTON. In-8 de 142 pages, avec 87 figures et 1 tableau; 1933. **30 fr.**

35. **DURAND (Georges). — Sur les petits mouvements d'un système infini de tourbillons autour d'une position d'équilibre.** In-8 de 26 pages; 1933... **15 fr.**

36. **VERNOTTE (P.) et BLOUIN (E.). — Expériences sur le refroidissement d'un corps chaud par un courant d'air.** Préface de Ch. FABRY. In-8 de 90 pages, avec 6 figures, 3 graphiques et 4 planches; 1933. **25 fr.**

37. **MONNIN (Marcel). — Les assemblages de bois.** Tome I. In-8 de 112 pages, avec 42 figures et 3 planches en dépliant; 1933........................... **25 fr.**

38. **BOUTRY (G.-A.). — Mesure des densités photographiques par la méthode photoélectrique.** Préface de M. P. FLEURY. In-8 de 148 pages, avec 52 figures; 1934.................................... **25 fr.**

39. **CAZAUD. — Recherches sur la fatigue des aciers.** Préface de M. A. CAQUOT. In-8 de 166 pages, avec 101 figures et 5 tableaux; 1934................. **30 fr.**

40. **ROY (Madeleine). — Contribution à l'étude du vieillissement de l'huile de ricin.** In-8 de 68 pages, avec 10 figures; 1934......................... **18 fr.**

41. **REBUFFET. — Moments aérodynamiques de différents gouvernes.** In-8 de 130 pages, avec 91 figures; 1934.................................... **25 fr.**

42. **GIGNEAUX (M.). — Recherches sur le capotage des moteurs en étoile à refroidissement par l'air.** In-8 de 56 pages, avec 34 figures; 1934............ **20 fr.**

43. **CARRIÈRE (E.). — Recherches sur les constituants des « Pétroles » et des « Gasoils ». Essai d'établissement d'une méthode d'analyse quantitative.** In-8 de 38 pages, avec 4 courbes; 1934.............. **15 fr.**

44. **FOURNIER (H.). — Étude sur les essais d'emboutissage des métaux.** In-8 de 70 pages dont 41 tableaux et 12 planches; 1934....................... **20 fr.**

45. **PARIS (René). — Contribution à l'étude des alliages ternaires.** In-8 de 94 pages, avec 59 figures, 26 tableaux et 8 planches; 1934......................... **25 fr.**

46. **BRIAULT (Madeleine). — Contribution à l'étude du graissage.** In-8 de 38 pages, avec 6 figures et 15 courbes; 1934................................. **12 fr.**

47. **LE ROLLAND (Paul) et SORIN (Pierre). — Étude d'une méthode utilisant le couplage pour la détermination de la résistance mécanique des constructions.** In-8 de 184 pages, avec 49 figures; 1934. **30 fr.**

48. **ROULLEAU (Maurice). — Utilisation des substances phosphorescentes en aéronautique.** In-8 de 54 pages, avec 18 figures; 1934........... **15 fr.**

49. **ESTRADÈRE (Suzanne). — Recherches sur l'oxydation des carbures d'hydrogène et ses rapports avec la détonation des moteurs.** In-8 de 86 pages, avec 34 figures; 1934......................... **18 fr.**

50. **SCHÉRER (Maurice). — Sur des propriétés magnéto-optiques des liquides. Application à l'analyse des carbures d'hydrogène.** In-8 de 102 pages, avec 24 figures; 1934............................... **20 fr.**

51. **BOUHET et LAMARCHE. — Recherches sur l'étalement des composants de l'huile de ricin.** In-8 de 46 pages, avec 30 figures; 1934........... **18 fr.**

52. **LEPRINCE-RINGUET (L.). — Étude et contrôle des huiles de graissage par la mesure des tensions interfaciales huile-eau.** In-8 de 34 pages; 1934. **9 fr.**

53. **GIRERD (H.). Contribution à l'étude expérimentale du biplan d'envergure infinie,** première Partie. In-8 de 140 pages, avec 3 figures et 6 planches; 1934. **25 fr.**

53 *bis*. Deuxième Partie. Album de planches. In-8 de 8 pages avec LXXV planches; 1934................. **25 fr.**

54. **SCHMITT (Max). — Recherches sur la vaporisation des carbures d'hydrogène et des mélanges de carbures.** In-8 de 148 pages, avec 12 figures; 1934. **20 fr.**

55. **LUNTZ (M.). — Recherches sur la résistance des fluides dans un mouvement non permanent. Méthode des profils virtuels.** In-8 de 68 pages, avec 16 figures; 1934............................ **15 fr.**

56. **PORTES. — Contribution à l'étude expérimentale des interactions d'une sonde et d'un corps de révolution.** In-8 de 110 pages, avec 57 figures; 1934. **18 fr.**

57. **MALAVARD. — Application des analogies électriques à la solution de quelques problèmes de l'hydrodynamique.** In-8 de 82 pages, avec 37 figures et XI graphiques; 1934......................... **15 fr.**

58. **OGÉE. — Recherches sur la résistance et la fatigue des aciers au carbone.** In-8 de 78 pages, avec 35 figures et 12 reproductions mécanographiques; 1934.. **15 fr.**

59. **LEMAINS. — Recherches sur l'écoulement et les pertes de charge à travers les grilles et les filtres à mailles.** In-8 de 60 pages, avec 39 figures; 1934. **12 fr.**

60. **WORONETZ. — Perturbations provoquées dans le mouvement d'un fluide par des variations de la température.** In-8 de 58 pages, avec 9 figures; 1934. **15 fr.**

61. **CHARRIOU. — Étude de la sensibilisation chromatique et de la désensibilisation des émulsions photographiques.** In-8 de 240 pages, avec 73 fig.; 1935. **25 fr.**

62. **DURAND et LAÏ-WAÏ-HSUN. — Étude de l'oxydation par l'anhydride permanganique des hydrocarbures purs existant dans les essences et autres carburants.** In-8 de 46 pages, avec 5 fig.; 1935. **10 fr.**

63. **BRUN. — Phénomènes thermiques provoqués par le déplacement relatif d'un solide dans un fluide.** In-8 de 94 pages, avec 38 figures; 1935........ **18 fr.**

64. **GOLDOWSKI. — Contribution à l'étude de la corrosion.** In-8 de 154 pages, avec 77 figures; 1935. **20 fr.**

65. **SADRON (Ch.). — Turbulence et frottement turbulent. Théorie de Karman.** In-8 de 74 pages avec 21 figures; 1935............................ **15 fr.**

5. **MAMAN (André). — Contribution à l'étude des hexanes et de quelques carbures d'hydrogène.** In-8 de 64 pages avec 11 figures et tableaux; 1935. **12 fr.**

7. **BOUASSE (H.). — Phénomènes dans les fluides tournants.** In-8 de 234 pages avec 98 fig.; 1935. **25 fr.**

8. **SANTON (Lucien). — Contribution expérimentale à l'étude des souffleries supersoniques.** In-8 de 96 pages avec 49 figures; 1935........................ **18 fr.**

9. **DONCESCU. — Détermination des températures de gaz pendant la détente dans les moteurs à explosion.** In-8 de 72 pages avec figures; 1935........... **12 fr.**

0. **ELCHARDUS (Émile). — Recherches sur l'analyse thermique des alliages ternaires. Application aux alliages magnésium, silicium, zinc, riches en magnésium.** In-8 de 140 pages avec 129 figures; 1935. **20 fr.**

1. **LUNTZ (M.) et SCHWARZ. — L'hydrodynamique du cylindre tournant.** In-8 de 42 pages avec 40 figures et 16 photographies; 1935.......... **12 fr.**

2. **PORTIER (Henri). — Les transpositions de matériaux en construction.** In-8 de 166 pages avec 74 figures; 1935........................... **20 fr.**

3. **VALENSI (Jacques). — Étude de l'écoulement de l'air autour d'une hélice.** In-8 de 258 pages avec 186 figures; 1935.......................... **25 fr.**

4. **ALAYRAC (A.). — Études des écoulements irrotationnels dans l'espace à trois dimensions** (suite des nos 3 et 13). In-8 de 124 pages; 1935.......... **20 fr.**

5. **DE FLEURY (R.). — Le magnésium dans les constructions aéronautiques.** In-8 de 120 pages, avec 61 figures; 1935.............................. **20 fr.**

6. **DUCHÊNE (Émile). — Étude expérimentale sur la stabilité transversale des avions.** In-8 de 102 pages, avec 34 figures; 1935....................... **18 fr.**

7. **SERRUYS (M.) et TCHANG TE LOU. — Influence des caractéristiques atmosphériques sur la puissance des moteurs à explosion.** In-8 de 42 pages, avec 19 figures; 1935............................. **10 fr.**

8. **LAURE (Yvon). — Contribution à l'étude de l'explosion des mélanges hydrocarburés.** In-8 de 74 pages, avec 45 figures; 1935........................ **15 fr.**

9. **LAFAY. — Balance aérodynamique permettant le tracé continu des polaires. Effets singuliers produits par de très légères modifications de structure du vent. Contribution expérimentale à l'aérodynamique du cylindre et à l'étude du phénomène de Magnus.** In-8 de 56 pages, avec 18 figures; 1935. **15 fr.**

0. **GRANIER (J.). — Recherches sur les propriétés diélectriques du caoutchouc.** In-8 de 62 pages, avec 25 figures; 1935....................... **12 fr.**

1. **GIRARD (A.). — Les constituants de la rouille.** In-8 de 80 pages avec 49 figures..................... **15 fr.**

2. **COLOMBIER (L.). — L'état passif des métaux. Étude de la passivité du nickel.** In-8 de 104 pages avec 11 figures; 1936......................... **15 fr.**

3. **DELFOSSE (M.). — Sur le couple des roulements à billes.** In-8 de 72 pages avec 35 fig.; 1936.. **12 fr.**

4. **NICOLSKY (V.-A.). — Recherche des contraintes dans les poutres de hauteur variable.** In-8 de 62 pages avec 24 figures; 1936.............. **10 fr.**

5. **Mlle L. DOUSSIN et Fernand FOURNIER. — Observations sur le laminage des alliages magnésium-aluminium.** In-8 de 26 pages avec 15 figures et 12 planches; 1936....................... **12 fr.**

6. **NÉNADOVITCH (Miroslav). — Recherches sur les cellules biplanes rigides d'envergure infinie.** In-8 110 pages avec 65 figures et 146 planches; 1936. **25 fr.**

87. **DEMONTIS (Jean). — Recherches sur l'influence de l'angle d'ouverture d'un ajustage divergent, sur l'écoulement à deux dimensions de l'air à travers cet ajustage.** In-8 de 72 pages, avec 35 figures; 1936........................... **12 fr.**

88. **GRARD (Jean). — Enduits cellulosiques pour toiles d'avions.** In-8 de 22 pages, avec 8 figures; 1936. **6 fr.**

89. **BLONDEL (Robert). — Étude du système antimoine-étain-zinc et contribution à l'étude des antifrictions à base de zinc.** In-8 de 86 pages, avec 48 figures et 2 planches; 1936............................ **15 fr.**

90. **CHARRON (Fernand). — Électromètre. Plan-sphère à suspension bifilaire.** In-8 de 20 pages, avec 6 figures; 1936................................ **6 fr.**

91. **PROT et GOLDOWSKI. — Étude de la susceptibilité corrosive des métaux par la méthode coloriscopique et par la méthode des éprouvettes minces.** In-8 de 56 pages, avec 33 figures; 1936....... **12 fr.**

92. **SACKMANN (Louis). — L'écoulement des fluides au voisinage des points singuliers des obstacles.** In-8 de 108 pages, avec 53 figures; 1936...... **18 fr.**

93. **HÉRENGUEL (Jean). — Sublimation et distillation du magnésium et du calcium.** In-8 de 70 pages, avec 25 figures et 2 planches; 1936.......... **12 fr.**

94. **DUCHÊNE (P.). — Étude expérimentale de la combustion dans les moteurs à injections.** In-8 de 22 pages, avec 13 figures; 1936.............. **6 fr.**

95 **CRAUSSE (E.). — Contribution à l'étude expérimentale de phénomènes transitoires et de phénomènes périodiques se produisant dans les liquides en mouvement.** In-8 de 112 pages, avec 53 figures; 1959.................................... **15 fr.**

96. **LABARTHE (André). — Nouvelles Méthodes de Mesures Mécaniques.** Préface de M. BÉGHIN In-8 de 276 pages, avec 283 figures; 1936......... **25 fr.**

97. **TCHANG TE LOU. — Contribution à l'étude de l'allumage et de la combustion dans les Moteurs à explosion.** In-8 de 136 p., avec 36 fig.; 1936. **18 fr.**

98. **BAUBIAC (J.). — Étude expérimentale en régime transitoire du sillage et de la résistance des corps immergés.** In-8 de 100 p., avec 45 fig.; 1936. **15 fr.**

99. **ANDANT (A.). — Application de la spectrographie Raman à l'Analyse des essences minérales.** In-8 de 70 pages, avec 27 figures; 1936........... **15 fr.**

100. **SCHWARZ (P.). — Recherches sur les tourbillons alternés.** In-8 de 142 p., avec 58 fig.; 1937... **20 fr.**

101. **ESTRADÈRE. — Étude thermique de l'Oxydation lente des Carbures d'hydrogène.** In-8 de 66 pages, avec 43 figures; 1937...................... **12 fr.**

102. **ROCARD et MORLON. — Étude de Silencieux pour Moteurs d'Aviation.** In-8 de 42 pages, avec 16 figures; 1937......................... **10 fr.**

103. **SERRUYS. — La Combustion détonante dans les Moteurs à explosion.** In-8 de 232 pages, avec 122 figures; 1937.......................... **25 fr.**

104. **LEDOUX. — Procédés pratiques de mesures précises de la vitesse de diffusion des gaz à travers les membranes.** In-8 de 68 p., avec 16 fig.; 1937. **15 fr.**

105. **TRICHÉ. — Application de l'Analyse spectrographique à l'étude des alliages.** In-8 de 76 pages, avec 29 figures; 1937...................... **12 fr.**

106. **SUPPER. — Photoélasticimétrie et apsidométrie.** In-8 de 72 pages, avec 48 figures; 1937...... **12 fr.**

107. **ROULLEAU. — Action des basses températures rencontrées en photographie aérienne sur la sensibilité des émulsions.** In-8 de 92 pages, avec 54 figures; 1937.......................... **15 fr.**

108. **RIABOUCHINSKY (D.). — Améliorations des qualités aérodynamiques des profils d'aile à grandes vitesses.** In-8 de 138 pages, avec 96 fig., 7 vues stérioscopiques et 7 planches; 1937 .... **20 fr.**

109. **ROSSIGNOL (J.). — Recherches de la forme d'équilibre de deux tourbillons cylindriques.** In-8 de 58 pages; 1937 .... **10 fr.**

110. **VAGNER. — Résistance des sphères en mouvement accéléré dans un fluide.** In-8 de 132 pages, avec 52 fig.; 1937 .... **15 fr.**

111. **A. FORTIER. — Contribution à l'étude de la viscosité de l'air et des gaz.** In-8 de 82 pages, avec 25 figures; 1937 .... **15 fr.**

112. **BRUN (Edmond). — Phénomènes thermiques provoqués par le déplacement relatif d'un solide dans un fluide** (suite de la Publication N° 63). In-8 de 38 pages, avec 15 figures; 1937 .... **10 fr.**

113. **CHARRON (Fernand). — Perfectionnements à l'électromètre bifilaire pour haute tension.** In-8 de 17 pages, avec 5 figures; 1937 .... **6 fr.**

114. **CHARTIER (Charles). — Chronophotogrammétrie plane et stéréoscopique.** In-8 de 192 p., 118 fig., 95 pl. et 18 reproductions photographiques; 1937 ... **25 fr.**

115. **SERRUYS (Max), — Étude expérimentale de l'allumage par point chaud dans les moteurs à explosion.** In-8 de 52 p., avec 47 fig.; 1937.. **10 fr.**

116. **CHARRIOU (A.) et VALETTE (Suzanne). — Films indéformables pour la photographie aérienne.** In-8 de 110 pages, avec 37 figures; 1937..... **20 fr.**

117. **CAPELLE (Jean). — Étude de la Génération des engrenages par la méthode des roulettes.** In-8 de 138 pages, avec 107 figures; 1938 .... **18 fr.**

118. **RIABOUCHINSKY. — Contribution à l'étude des hélices.** In-8 de 130 pages, avec 110 figures et 16 planches; 1938 .... **25 fr.**

119. **BRUN (E.). — Répartition des températures sur une aile d'avion. Application aux phénomènes de givrage.** In-8 de 54 pages, avec 44 figures; 1938. **12 fr.**

120. **RAVILLY (E.). — Contribution à l'étude de la rupture des fils métalliques soumis à des torsions alternées.** In-8 de 198 pages, avec 95 figures; 1938 .... **30 fr.**

121. **LABAT (J.). — Applications aérodynamiques de la méthode de chronophotogrammétrie plane.** In-8 de 106 pages, avec 33 figures et 27 photographies; 1938 .... **20 fr.**

122. **CHAILLOUX (Mlle). — Le module d'élasticité des alliages légers et sa variation avec la température.** In-8 de 28 pages, avec 7 figures; 1938.... **8 fr.**

123. **SILBER (R.). — Étude de l'adaptation et du fonctionnement de l'ensemble : Planeur-Moteur-Propulseur.** In-8 de v-322 pages, avec 216 figures; 1938 .... **40 fr.**

124. **CHARRIOU (A.) et Mlle S. VALETTE. — Recherches sur la gélatine photographique.** In-8 de 62 pages, avec 20 figures; 1938 .... **12 fr.**

125. **COSTE (H.). — Étude générale sur les segments de moteurs.** In-8 de 102 pages, avec 62 figures; 1938 .... **20 fr.**

126. **SILBER (R.). — Étude expérimentale d'une maquette d'avion complet.** In-8 de 196 pages, avec 157 figures; 1938 .... **28 fr.**

127. **CAMICHEL (C.) et ESCANDE (L.). — Similitude hydrodynamique et technique des modèles réduits.** In-8 de III-368 pages, avec 416 figures; 1938. **50 fr.**

N. B. — Les publications du Ministère de l'Air ne sont fournies qu'en compte ferme. Aucun retour ne pourra être accepté.

Collection des Publications du Ministère de l'Air *(suite)*

BULLETINS TECHNIQUES DU MINISTÈRE DE L'AIR

Fascicules in-4 (31×21) se vendant séparément :

1. **ALAYRAC (le Commandant).** — **L'atmosphère Standard du Service technique**............ **12 fr.**

2. **ROBERT (le Lieutenant-Colonel).** — **Aérodynamique. Recherches expérimentales** (Fascicule I : *Profils d'ailes*)........................... *(Épuisé.)*

4. **GRARD (le Colonel).** — **L'unification et les produits Standards dans la mobilisation industrielle de l'Aéronautique**.......................... **15 fr.**

7. **RIABOUCHINSKY (D.).** — **Aperçus théoriques sur la Mécanique des fluides**.................. **25 fr.**

5. **ROBERT.** — **Aérodynamique. Recherches expérimentales** (Fascicule III : *Profils d'ailes. Maquettes d'avions et hydravions*)...................... **25 fr.**

6. **ALAYRAC (le Lieutenant-Colonel).** — **Étude théorique du vol plané dans une atmosphère en mouvement**.................................... **20 fr.**

8. **ROBERT.** — **Aérodynamique. Recherches expérimentales** (Fascicule IV : *Résistance à l'avancement de fils métalliques fuselés*)........................ **20 fr.**

2. **HUGUENARD (E.), MAGNAN (A.) et PLANIOL (A.).** — **Les appareils à fils chauds, leur application à l'étude des mouvements atmosphériques.** *(Épuisé.)*

5. **BEYNE,** Médecin principal; **MAZER,** Ingénieur, et **GRENIER (M.).** — **Inhalation d'oxygène pour le vol à haute altitude**.................... *(Épuisé.)*

7. **WACHE.** — **Contribution à l'étude de la dissolution de l'aluminium et de ses alliages dans les acides**.. **15 fr.**

9. **ALAYRAC,** Ingénieur en chef H. C. de l'Aéronautique. — **Étude théorique du vol par battements.** **15 fr.**

3. **LAPRESLE (A.).** — **Études expérimentales des voilures tournantes**...................... **15 fr.**

3. **LAPRESLE.** — **Contribution à l'étude expérimentale du champ aérodynamique autour d'un profil sustentateur**.............................. **25 fr.**

4. **FRANK.** — **La traversée aérienne de l'Atlantique Nord**.................................... **20 fr.**

5. **ROCARD et ROTHSCHILD (de).** — **Rôle de la lumière diffusée par l'atmosphère dans la visibilité**.................................... **20 fr.**

6. **HUGUENARD (E.), PLANIOL (A.) et MAGNAN (A.).** — **Étude sur les manographes et les indicateurs de pression**........................ **15 fr.**

8. **PRIS.** — **Recherches expérimentales sur la théorie des surfaces portantes. Récupération de l'énergie tourbillonnaire**......................... *(Epuisé.)*

9. **HUGUENARD (E.), PLANIOL (A.) et MAGNAN (A.).** — **Étude sur les accélérations et les vitesses angulaires du vent naturel**................ **15 fr.**

•. **ETEVÉ.** — **Amélioration du rendement des moteurs à explosion**.................................. **15 fr.**

1. **FRAICHET (L.).** — **Détermination rationnelle des éléments d'un filetage**..................... **15 fr.**

2. **LECŒUVRE et CAZAUD.** — **Recherches métallographiques sur l'aluminium et ses alliages.** **30 fr.**

3. **LEYGUES (le Lieutenant).** — **Études sur les hélices métalliques**............................ *(Épuisé.)*

4. **DUCHÈNE (R.).** — **Contribution à l'étude des déflagrations dans les mélanges carburés gazeux.** **18 fr.**

5. **LEROUX (E.).** — **Note sur l'adaptation des hélices aériennes. L'action de l'hélice dans le vol piqué des avions**................................ **15 fr.**

56. **SABATIER (J.).** — **Étude sur les moyens d'éviter les incendies à bord des avions**................. **15 fr.**

57. **STAPFER (P.).** — **Analyse des expériences aérodynamiques faites en vol à bord du dirigeable « Méditerranée »**................................ **25 fr.**

58. **MAGNAN (A.).—Étude de théorie du poisson.** **75 fr.**

59. **BRISSOT (A.).** — **Étude sur les longueurs de roulement au décollage et à l'atterrissage des avions.** *(Ep.)*

60. **LEDUC (R.).** — **Contribution à l'étude des poutres prismatiques**............................. **30 fr.**

61. **FRAICHET.** — **Erreurs de mesures. Erreurs et tolérances de fabrication des calibres. Interchangeabilité des pièces filetées**.................. **20 fr.**

62. **MAGNAN (A.).** — **Détermination expérimentale des polaires d'avions en vol**..................... **30 fr.**

63. **DUPONT.** — **Application des tourbillons conjugués à l'aérodynamique du cercle et des profils. Construction de profils d'ailes. Mesure des pressions de section médiane d'une aile**................ **40 fr.**

64. **AMIEL (J.), GHEORGHIU (T. D.) et ANDANT (A.).** — **Oxydation du benzène. Absorption des spectres visibles de quelques huiles minérales. Spectres d'absorption ultraviolets de quelques carbures d'hydrogène**.............................. **25 fr.**

65. **LANDWERLIN (H.) et SUARD (L.).** — **Essais et calculs des roues et des organes amortisseurs.** **20 fr.**

66. **LAPRESLES (A.).** — **Girouette aérodynamique et stabilité de forme des planeurs**............ **35 fr.**

67. **RIABOUCHINSKY (D.).** — **Aperçus théoriques sur la Mécanique des fluides**.............. **30 fr.**

68. **CAZAUD.** — **Recherches sur la fatigue des métaux**.................................... **25 fr.**

69. **MAGNAN (A.) et SAINTE-LAGÜE (A.).** — **Hodographes et polaires d'avions**............... **30 fr.**

70. **FRAICHET (L.).** — **Interchangeabilité des pièces filetées**.............................. **15 fr.**

71. **MAGNAN (A.).** — **Résistance à l'avancement et puissance des poissons**..................... **50 fr.**

72. **PROT (Marcel).** — **Contribution à l'étude expérimentale des forces électromotrices de dissolution**.................................. **40 fr.**

73. **HUGUENARD (E.), PLANIOL (A.) et MAGNAN (A.).** — **Appareils pour la mesure des phénomènes atmosphériques**.......................... **25 fr.**

74. **MAGNAN (A.).** — **Le vol des oiseaux et le vol des avions**................................ **120 fr.**

75. **CHAMPSAUR (N.).** — **Mesure des quantités de chaleur évacuées par l'eau et par l'huile dans les moteurs d'aviation**......................... **45 fr.**

76. **DAVIOT, SCHNERB et BASTIEN.** — **Théorie** succincte de la navigation aérienne........ **8 fr.**

77. **DUPONT (Paul).** — Contribution à l'étude du vol en atmosphère agitée. Texte.................. **20 fr.** Atlas de 41 planches.......................... **80 fr.**

78. MIRLES (A.). — Contribution à l'étude du givrage. **15 fr.**

79. **CHARRIOU (A.) et Mlle S. VALETTE.** — Observation rapide de négatifs en photographie aérienne. **12 fr.**

N. B. — Les publications du Ministère de l'Air ne sont fournies qu'en compte ferme. Aucun retour ne pourra être accepté.

N° 2.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 9 Janvier 1939).

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CORRESPONDANCE.

N° 2.

TABLE DES ARTICLES (*suite*).

CORRESPONDANCE (*suite*).

COMITÉ SECRET.

IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS

1939

PREMIER SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS

TOME 208

N° 3 (16 Janvier 1939).



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55

1939

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LA SÉANCE DU 13 JUILLET 1835
ET MODIFIÉ DANS LES SÉANCES DES 24 FÉVRIER 1840, 23 JUIN 1862, 24 MAI 1875, 8 JUIN 1925.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y deux volumes par année.

Article 1. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus *quatre* pages par numéro.

Un membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de *dix* Notes par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les *dix* Notes accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus *trois* pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de *huit* Notes par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne porte en rien préjudice au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de la discussion.

Les Rapports relatifs aux prix décernés ne sont imprimés dans les *Comptes rendus* qu'autant qu l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en séanc publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

Article 2. — *Impression des travaux des Savant étrangers à l'Académie.*

Les Notes des personnes qui ne sont pas Membres o Correspondants de l'Académie ne peuvent pas dépasse *deux* pages *et demie*. Le nombre des Notes d'u même auteur ne peut être supérieur à *cinq* par année.

Les Membres qui présentent ces Mémoires son tenus de les réduire au nombre de pages requis. L Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrai autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le fon pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

Article 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

Article 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Des figures ne pourraient être exceptionnellement autorisées que si elles étaient déposées sur le Bureau en même temps que la Note présentée. L'espace occupé par ces figures compte alors pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

Article 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Nota. — *La page comprend* 38 *lignes de* 67 *lettres ou intervalles.*

AVIS AUX AUTEURS

Les références bibliographiques des Notes destinées aux *Comptes rendus* doivent être aussi complètes que possible et comprendre, par exemple pour les Périodiques, l'indication du tome, de l'année et de la page.

(*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1057.)

Les auteurs qui ne se conformeront pas à cette règle seront exposés à voir leurs Notes retardées jusqu'à ce que les indications jugées nécessaires et signalées *sur les épreuves* aient été fournies.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 JANVIER 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

La Section des Académiciens libres a perdu au cours de l'année qui vient de s'écouler trois de ses Membres et voici que la mort impitoyable vient à nouveau de la frapper en la personne de **Paul Séjourné**.

Notre Confrère était né à Orléans le 21 décembre 1851 et fit ses études en vue d'arriver à l'École polytechnique où il entra en 1871; de là il passa à l'École des Ponts et Chaussées en 1873. Il fut nommé Ingénieur en chef en 1893 et en mai 1896 il entra à la Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, où il atteignit, peu à peu, les grades les plus élevés.

En 1901, il fut nommé, à l'École des Ponts et Chaussées, professeur du Cours spécial *Ponts en Maçonnerie* et il a publié de 1912 à 1916 sous le titre de *Grandes Voûtes* la matière de son enseignement, en y ajoutant les détails utiles. Cet ouvrage comprend 6 magnifiques volumes, in-4°, ornés de belles gravures et photographies.

Il se fit remarquer dès les premières années de sa carrière d'Ingénieur par la construction de plusieurs ponts de chemins de fer où il apporta des formes et des modes d'exécution nouveaux qui furent souvent imités en France, en Italie et en Allemagne.

Tels sont les trois ponts qu'il exécuta comme Ingénieur de l'État, de 1882

à 1884, pour la Compagnie des Chemins de fer du Midi, sur les rivières de l'Ariège et de l'Agout.

Notre Secrétaire perpétuel Émile Picard a retracé en ces termes une partie de son œuvre :

« M. Séjourné s'est révélé constructeur éminent et chef d'école pour la construction des ponts en maçonnerie. Il est arrivé à renouveler et à rajeunir un art qui semblait épuisé.

« C'est un technicien de grande envergure, doublé d'un constructeur artiste qui s'est acquis une brillante notoriété par ses ouvrages d'une rare élégance et par l'originalité de ses méthodes dans la construction des voûtes à grande portée. On peut dire, que depuis quarante ou cinquante ans, trois grands progrès ont été réalisés dans la construction des grandes voûtes en maçonnerie. Le premier réside dans l'articulation des voûtes; il est dû à l'Ingénieur Dupuit. Les deux autres consistent, en premier lieu, à couper les rouleaux en tronçons et à les claver au mortier sec, partout où il y a une fissure à craindre; en second lieu, à construire les ponts larges sur deux minces anneaux de tête. Les deux derniers progrès sont dus à M. Séjourné. »

Des récompenses étaient venues sanctionner la haute valeur de ses travaux. L'Académie des Sciences lui décerna en 1918 le Prix Caméré, il avait obtenu en 1908 le Prix quinquennal Rouville, qui était attribué pour la première fois. Enfin, en 1919, en souvenir de ses travaux personnels, de son enseignement remarquable à l'École des Ponts et Chaussées, de sa participation à la Défense nationale pendant la guerre, M. Séjourné fut élevé, à titre exceptionnel, par décret, au grade d'Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

L'Académie des Sciences l'a appelé dans son sein le 8 décembre 1924. Paul Séjourné était grand officier de la Légion d'Honneur.

Au nom de l'Académie des Sciences j'adresse à sa famille l'expression de nos respectueuses condoléances pour la perte qu'elle a faite de l'homme éminent qui honora à la fois la Science et sa Patrie.

La séance publique sera levée après l'élection inscrite à l'ordre du jour.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un problème continu analogue au battage des cartes.* Note de M. **Émile Borel**.

Soit un segment de droite OA, en chaque point duquel nous supposerons inscrite d'une manière indélébile l'abscisse de ce point (1). Nous définirons *l'opération élémentaire* suivante : prenons deux points au hasard, P_1 et Q_1 sur OA; ce segment est ainsi divisé en trois segments que nous désignons par α, β, γ à partir de la gauche, c'est-à-dire du point O; nous ferons glisser ces segments, sans les retourner, de manière à les mettre, soit dans l'ordre $\beta\alpha\gamma$ (opération A), soit dans l'ordre $\alpha\gamma\beta$ (opération B). Nous admettrons que, lorsque l'opération élémentaire est répétée plusieurs fois de suite, on fait soit alternativement les opérations A et B, soit chacune de ces opérations avec une probabilité déterminée et voisine de 1/2.

Après avoir effectué $n-1$ fois de suite l'opération élémentaire, les éléments du segment OA se trouvent brouillés et constituent un segment $O_n A_n$, renfermant tous les points de OA, rangés dans un ordre différent. Pour nous rendre compte du degré de ce brouillage, fixons une longueur h petite par rapport à OA et considérons sur le segment OA tous les intervalles x, $x+h$, situés sur OA, c'est-à-dire que si l'on prend O comme origine et OA comme unité de longueur, x varie de 0 à $1-h$. Parmi ces segments, il en est qui se trouveront conservés intacts sur $O_n A_n$; les valeurs de x correspondantes forment un ensemble dont la mesure sera désignée par $\varphi_n(h)$. Il est évident que, quel que soit n, $\varphi_n(h)$ tend vers l'unité lorsque h tend vers zéro. Par contre, si h croît à partir de zéro, on trouvera une valeur a de h telle que pour h supérieur ou égal à a, $\varphi_n(h)$ sera égal à zéro. Nous dirons alors que le brouillage qui s'est trouvé réalisé est *parfait à l'échelle a*. Bien entendu, si, au lieu d'envisager $n-1$ opérations élémentaires déterminées, nous portions notre attention sur l'ensemble des $n-1$ opérations qui peuvent être conçues par tous les choix possibles faits au hasard, on devrait seulement parler des probabilités pour que le brouillage soit parfait à une échelle inférieure ou égale à une longueur a.

---

(1) Ceci peut être réalisé d'une manière concrète en remplaçant le segment OA par un trapèze birectangle OAO'A' et les divisions du segment par un découpage du trapèze au moyen de droites perpendiculaires à OA.

Il y aurait également intérêt à définir le degré du brouillage; si l'on considère sur $O_n A_n$ tous les points qui se trouvaient primitivement sur le segment $x, x+h$, et si l'on désigne par $\theta(x)$ la longueur du plus petit des intervalles qui renferme tous ces points, le minimum, le maximum et la valeur moyenne de $\theta(x)$ permettent de préciser le degré du brouillage à l'échelle h.

L'étude de ces divers problèmes se trouve simplifiée par une remarque qui, bien que très simple, me paraît avoir une portée très générale. Lorsque l'on effectue pour la $k^{\text{ième}}$ fois l'opération élémentaire, on doit placer au hasard deux points P_k et Q_k sur le segment $O_k A_k$, lequel est formé des éléments du segment primitif OA, disposés dans un ordre différent. Il est évident qu'*il revient au même de placer deux points* P_k *et* Q_k *au hasard sur le segment primitif* OA *et de choisir précisément sur* $O_k A_k$ *ces points* P_k *et* Q_k, *à la place qu'ils y occupent à la suite des* $k-1$ *premières opérations élémentaires*. On peut donc, *si l'on a l'intention d'effectuer n opérations élémentaires, placer dès le début sur* OA, $2n$ *points* P_1, Q_1, P_2, Q_2, ..., P_n, Q_n; *ces opérations sont alors définies d'une manière précise* (à condition que l'on ait fixé également l'ordre dans lequel alternent les opérations A et B).

Étant donnés deux nombres ε et a, le problème se pose de déterminer un nombre n tel que, au bout de n opérations élémentaires, la probabilité, pour que le brouillage soit parfait à l'échelle a, soit supérieure à $1-\varepsilon$. Ce problème se ramène à l'étude des probabilités de la longueur du plus grand des intervalles obtenus lorsque l'on place $2n$ points P_1, Q_1, ..., P_n, Q_n au hasard sur un segment OA. Cette étude a été faite par MM. E. J. Gumbel et Paul Lévy (²).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La nature de l'aliment réagit-elle sur celle des réserves?* Note (¹) de MM. **Marin Molliard** et **Robert Échevin**.

La notion même de l'*assimilation* des matériaux utilisés comme aliments par les êtres vivants implique que ceux-ci transforment les substances qui servent à leur édification en des composés caractéristiques des divers organes de chacune des espèces envisagées. Cette notion paraît s'opposer à

(²) Voir ci-dessous, p. 147, la Note de M. Paul Lévy.

(¹) Séance du 9 janvier 1939.

l'idée d'un changement possible dans la nature des réserves élaborées par une plante lorsqu'on vient à faire pénétrer dans celle-ci des matières différentes de celles qu'elle élabore elle-même.

Or divers auteurs, à propos des relations qui s'établissent entre deux végétaux à la suite d'une greffe, ont avancé qu'un greffon, capable par exemple de fabriquer de l'inuline, amène la formation de cette substance dans un porte-greffe dépourvu normalement de cette forme de réserve. Il a été démontré, en particulier par M. Colin et ses élèves, que l'inuline, qui peut être entraînée dans le porte-greffe, n'y subsiste que d'une manière transitoire et qu'elle disparaît au même titre que si elle était introduite par injection ([2]); des expériences de même ordre ont été faites d'autre part par Guignard relativement à divers glucosides cyanogénétiques, qui eux aussi ne sauraient persister dans le corps d'une espèce qui n'en élabore pas normalement.

Dans les expériences qui font l'objet de cette Note nous avons cherché à voir si la nature des réserves subit une modification quand on fournit directement, aux racines de plantes cultivées aseptiquement, des sucres simples ou complexes de nature variée; les plantes auxquelles nous nous sommes adressés sont le Radis, dont les réserves de l'appareil végétatif sont constituées par du saccharose pouvant se condenser en amidon, et le Scorsonère, qui contient dans sa racine du saccharose et de l'inuline; nous les avons fait se développer dans des solutions gélosées contenant 7 pour 100 de glucose ou de lévulose ou 10 pour 100 de saccharose.

Considérons tout d'abord ce qui se passe pour le Radis; au bout de 40 jours les feuilles restent bien vertes sur saccharose, mais prennent une teinte jaunâtre en présence de glucose ou de lévulose; nous nous contenterons de comparer, au point de vue de leur composition glucidique, les échantillons (feuilles et tubercules) développés en présence de lévulose avec les plantes obtenues dans les conditions ordinaires de culture; le tableau ci-après rend compte des analyses effectuées, les nombres étant rapportés à 100 de substance fraîche.

([2]) Voir à ce sujet la Note récente de M. Franquet (*Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1442).

Radis.

Nature des sucres.	Cultures normales.		Cultures sur lévulose.	
	Feuilles.	Tubercules.	Feuilles.	Tubercules.
Saccharose	0,03	0,09	0,23	1,58
Lévulose	0,05	0,17	0,42	1,07
Glucose	0,13	0,88	0,73	1,13
Amidon	0	0	1,94	4,47
Total	0,21	1,14	3,32	8,25

La seule forme condensée de sucre que présentent les plantes en culture normale est le saccharose; dans les plantes auxquelles on a fourni du lévulose, le saccharose est accompagné d'amidon, aussi bien dans la feuille que dans le tubercule; nous avons obtenu des résultats entièrement comparables dans les cas où le Radis a été cultivé en présence de glucose ou de saccharose.

Peut-être l'augmentation de la teneur en lévulose dans les tubercules développés au contact de ce sucre (1,07 au lieu de 0,17) s'explique-t-elle par un retard dans sa transformation en saccharose et en amidon.

Le Scorsonère nous a présenté des faits absolument comparables; des akènes de cette plante ont été stérilisés par l'eau oxygénée, mis à germer sur du coton humide, puis la radicule a été introduite dans les mêmes milieux gélosés et sucrés; dans tous les cas nous avons obtenu le développement de racines pivotantes riches en inuline et la nature du sucre absorbé par la plante n'est pas intervenue pour modifier la réserve en question.

Considérons simplement dans cette Note le cas des cultures qui se sont développées en présence de glucose, c'est-à-dire du sucre le plus éloigné chimiquement de la lévulosane qu'est l'inuline; comparons le contingent glucidique des feuilles et des racines des plantes cultivées dans des conditions normales ou obtenues en cultures aseptiques sur milieu gélosé glucosé; pour ces dernières les feuilles étaient peu développées et les racines pivotantes épaisses; au bout de 7 mois le pivot atteignait une longueur d'environ 10^{cm}, la moitié supérieure renflée atteignait un diamètre de $0^{cm},7$. Les résultats des analyses des matériaux sucrés sont donnés par le tableau ci-contre, rapportés à 100 de matière fraîche.

Scorsonère.

Contingent glucidique.	Cultures normales. Feuilles.	Racines.	Cultures sur glucose. Feuilles.	Racines.
Saccharose	0,40	1,05	0,42	0,81
Lévulose	0,52	0	0,25	0
Glucose	1,51	0,45	1,46	0,42
Inuline	0	8,40	0	4,56
Total	2,43	9,90	2,13	5,79

Dans aucun cas il n'a pu être décelé trace d'amidon; le Scorsonère élabore donc sa racine de l'inuline aussi bien à partir du glucose que du lévulose, comme le Radis effectue la formation de l'amidon à l'aide des mêmes sucres réducteurs.

Ajoutons enfin que les cultures de Radis et de Scorsonère effectuées en présence de l'inuline même nous ont donné des résultats entièrement de même ordre.

On sait d'autre part que l'inuline totale, telle que nous l'avons extraite, n'est pas constituée par une unique substance, mais qu'elle représente différentes lévulosanes (Tanret, Colin) ayant des pouvoirs rotatoires propres, et donnant à l'hydrolyse des quantités plus ou moins considérables de glucose; nous avons pu établir que les caractères des inulines totales fabriquées par le Scorsonère ne sont pas modifiés par la concentration en glucose du milieu nutritif.

Nos expériences ne font donc que confirmer les raisons invoquées par les auteurs antérieurs pour voir dans le phénomène d'assimilation une caractéristique de chacune des espèces; les végétaux autotrophes ne font pas exception aux lois de cette assimilation, reconnues depuis longtemps pour les plantes hétérotrophes et les animaux; on ne conçoit pas la possibilité d'une transformation chimique des réserves sans une modification profonde de la nature du protoplasme et, plus précisément, dans celles des diastases qu'il élabore.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Étude du cycle évolutif d'une maladie pneumonique obtenue chez le Lapin, par anaphylaxie locale, en partant de protéines endogènes modifiées.* Note (¹) de MM. **Antonin Gosset, Richard Jahiel** et Mme **Simone Delaunay.**

Nos recherches ont eu pour but d'étudier le cycle complet d'un processus d'endo-anaphylaxie locale provoquée au niveau du poumon.

Nous nous sommes servis du propre sérum sanguin du lapin, légèrement hydrolysé.

Cette opération est effectuée à l'aide de l'acide sulfurique; la destruction des grosses molécules protéiques a donné naissance à un mélange de peptones et de polypeptides.

Dans une première série d'épreuves comportant six lapins, nous avons pratiqué, à travers la paroi thoracique, une injection unique de $0^{cm^3},5$ d'autosérum dans le lobe supérieur du poumon droit.

Ces animaux ont été respectivement sacrifiés soit immédiatement, soit 3 jours, 10 jours et 15 jours après l'injection intrapulmonaire. Nous avons pu ainsi nous rendre compte que cette injection produisait une réaction localisée discrète du parenchyme pulmonaire au lieu où elle avait été effectuée. Le cycle de cette maladie bénigne était toujours terminé au bout de quinze jours.

Une deuxième série de 6 lapins recevait, comme les précédents, la même injection *transthoracique* de leur propre sérum hydrolisé et, au bout de 30 jours, 60 jours ou 90 jours, une deuxième injection, cette fois *intraveineuse*, du même sérum hydrolysé.

Les lapins étaient sacrifiés, soit immédiatement après l'injection intraveineuse, soit à des époques variant entre 2 et 30 jours après celle-ci.

L'examen des poumons permettait alors de constater que des lésions très importantes, *en grande partie localisées au lieu de l'injection première intra-pulmonaire*, apparaissaient chez ces animaux, quelques noyaux pneumoniques peu marqués pouvant exister sur l'autre poumon. Ces lésions étaient considérables chez l'animal sacrifié immédiatement après l'injection intraveineuse. Leur importance diminuait lentement à mesure que l'on s'éloignait du moment de celle-ci. Dans le cours de cette évo-

(¹) Séance du 9 janvier 1939.



Fig. 1. — Lapin n° 5. Injection de 0,5 cm³ d'autosérum hydrolysé dans le poumon droit, le 15-12-38. Animal sacrifié immédiatement après, sans autre injection : petite lésion œdémateuse, en foyer, à l'endroit injecté.



Fig. 2. — Lapin n° 33. Injection unique transthoracique de 0,5 cm³ d'autosérum hydrolysé, dans le poumon droit, le 10-6-38. Animal sacrifié *sans* injection intraveineuse le 20-6-38. Très discrète lésion, grosse comme une petite lentille, au niveau du poumon droit.

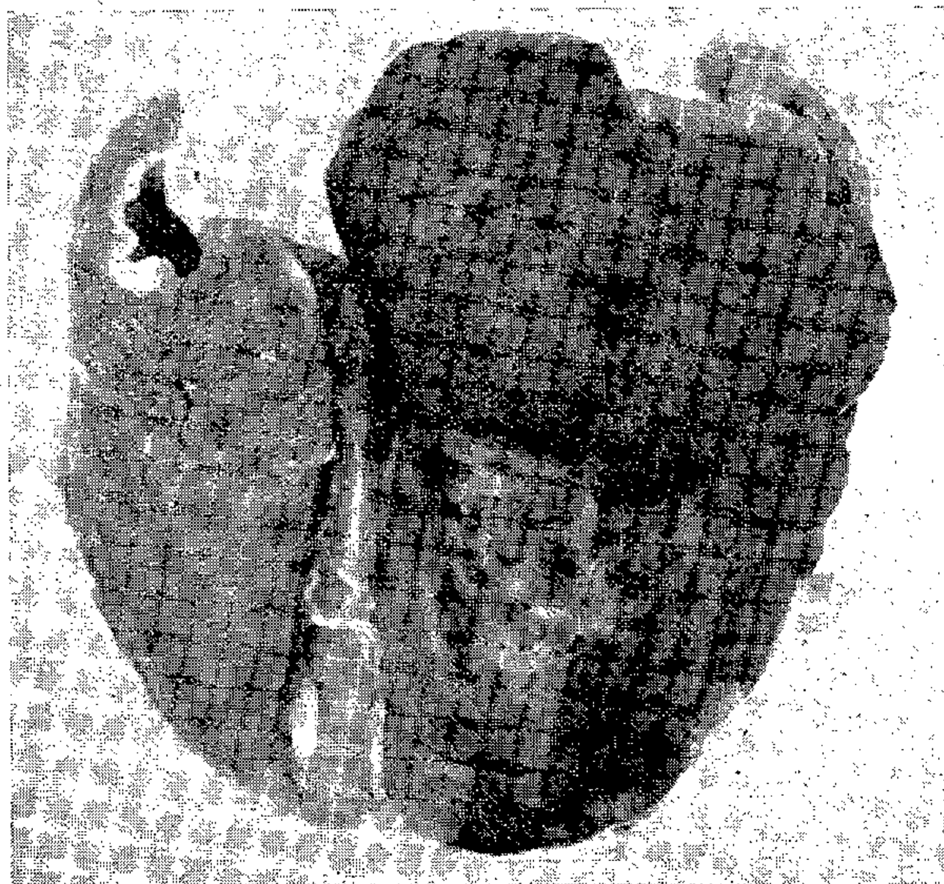


Fig. 3. — Lapin n° 2. Injection transthoracique de 0,5 cm³ d'autosérum hydrolysé dans le poumon droit, le 27-10-38. Deuxième injection intraveineuse du même autosérum hydrolysé (2 cm³) le 15-12-38. Animal sacrifié 10 minutes après l'injection : énorme réaction de tout le poumon droit. Le poumon gauche présente des lésions à peu près inexistantes.



Fig. 4. — Lapin n° 48. Première injection transthoracique dans le sommet du poumon droit de 0,5 cm³ d'autosérum hydrolysé le 29-3-38. Deuxième injection intraveineuse du même autosérum hydrolysé (2 cm³) le 11-5-38. Animal sacrifié le 13-5-38. Poumon droit : foyer étendu à tout le lobe supérieur. Léger truffage par ailleurs. Adhérences pleurales sur la moitié supérieure. Poumon gauche : très léger truffage.

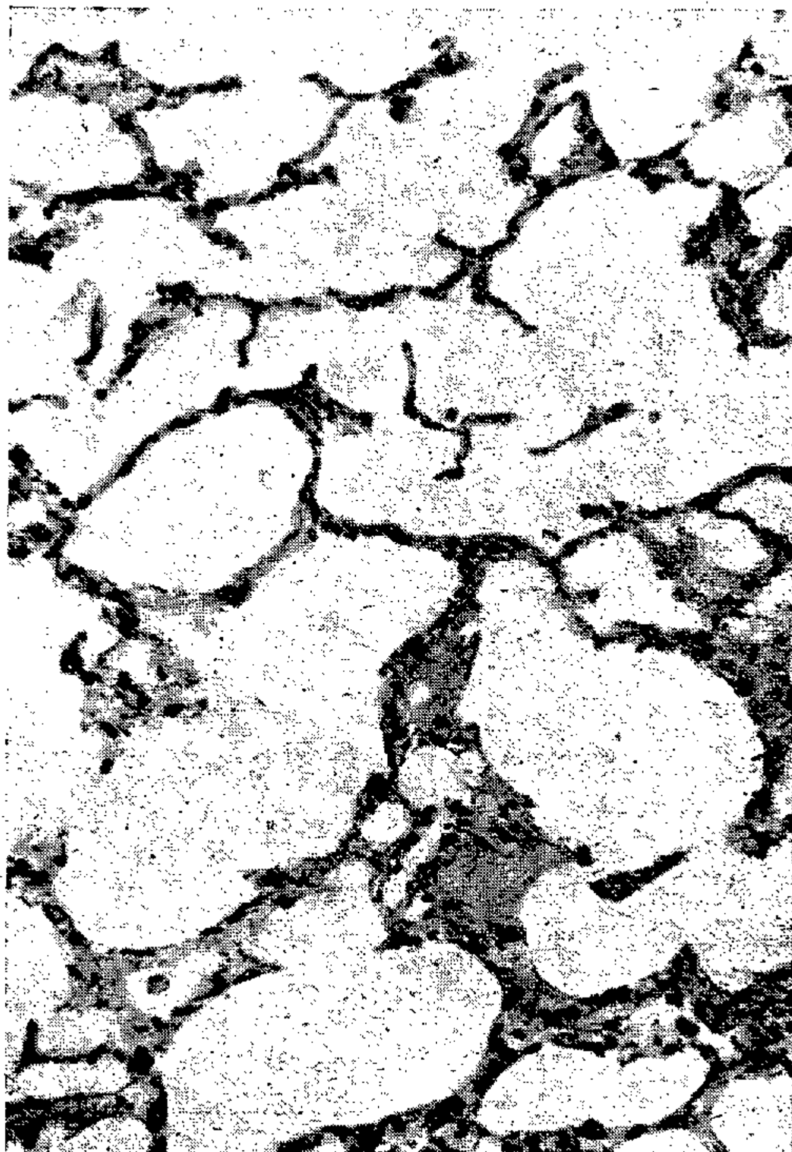


Fig. 5. — Lapin n° 48. Poumon gauche : poumon sensiblement normal. Traces d'exsudat œdémateux dans 2 ou 3 alvéoles.

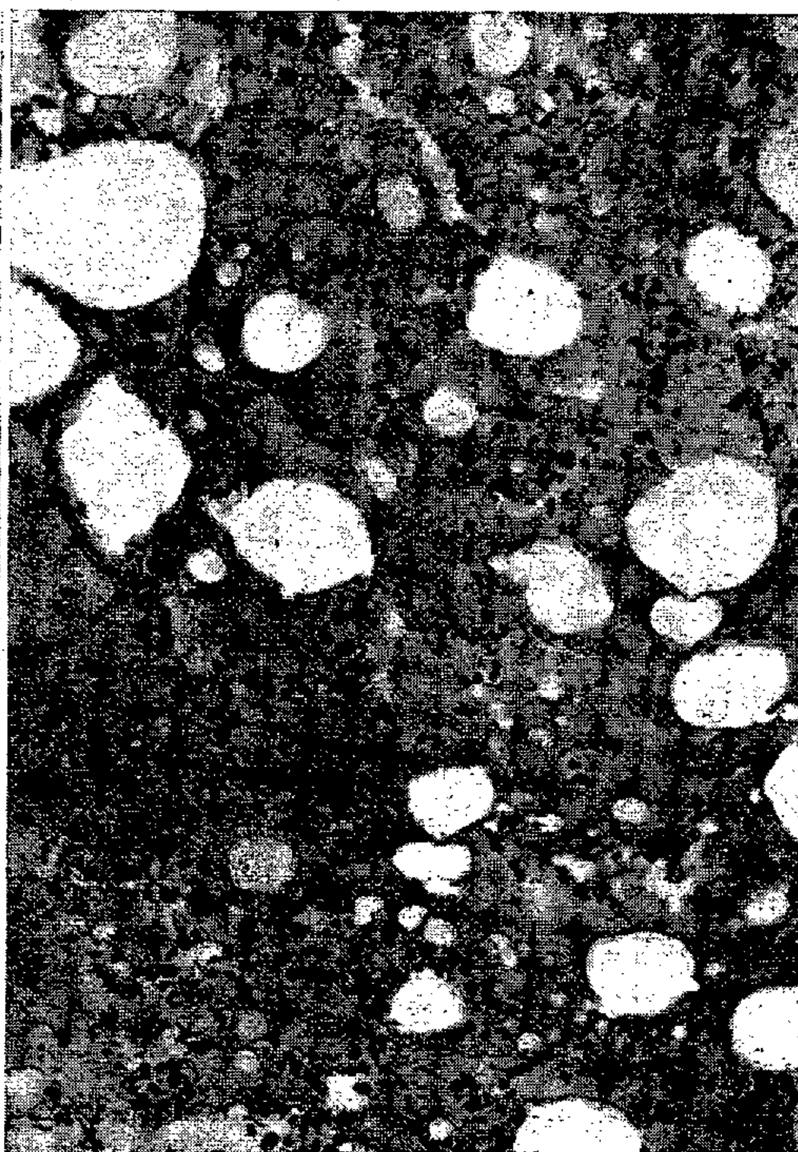


Fig. 6. — Lapin n° 48. Poumon droit : alvéolite œdémateuse et hémorragique. Inondation presque massive du parenchyme pulmonaire.

(Examens histologiques et microphotographies du Dr Ivan Bertrand.)

lution, il n'était pas rare d'observer la production d'une pleurésie réactionnelle avec nombreuses adhérences accompagnant la lésion parenchymateuse.

Lorsque les animaux n'étaient point sacrifiés volontairement le cycle aboutissait à une guérison anatomique, celle-ci n'apparaissant jamais avant le 20e jour suivant l'injection intraveineuse seconde.

Les lésions viscérales que nous avons pu ainsi reproduire expérimenta-

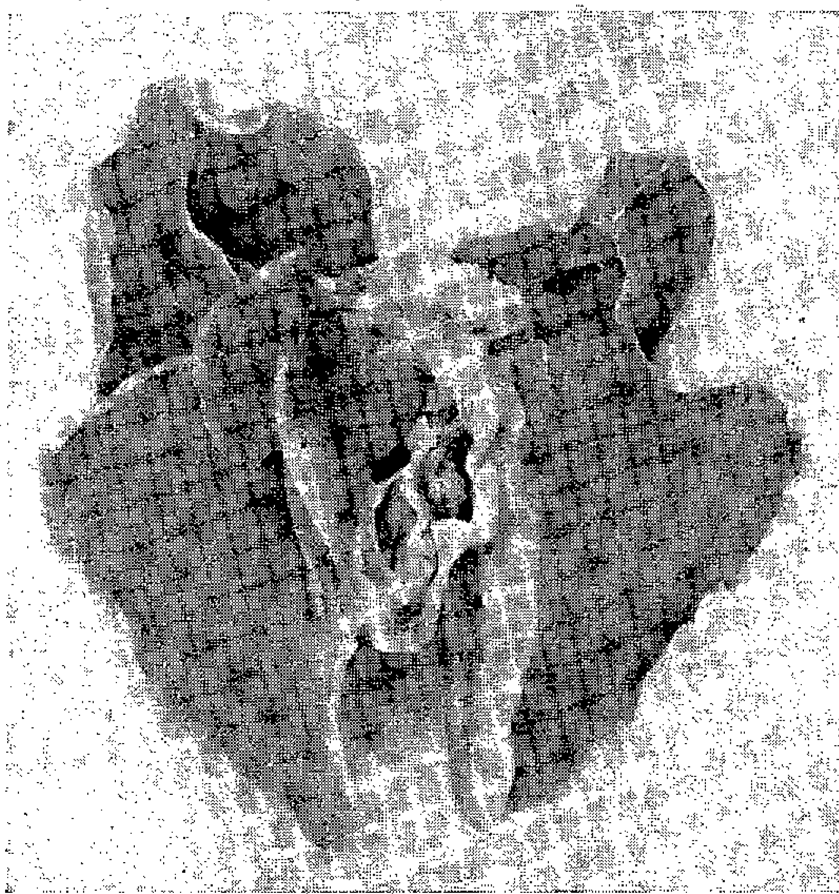


Fig. 7. — Lapin n° 44. Injection transthoracique de 0,5 cm³ de *sérum physiologique* intrapulmonaire, le 17-6-38. Injection intraveineuse de 2 cm³ de sérum physiologique le 22-7-38. Animal sacrifié le 24-7-38 : poumons normaux.

lement au niveau du poumon, ne se produisent point lorsque l'injection intraveineuse n'a pas été précédée d'une injection préparante intrapulmonaire.

Elles ne se produisent pas non plus lorsque l'on se contente d'une ponction blanche transthoracique ou que l'on emploie du sérum physiologique au moment de l'une ou des deux injections. L'identité du produit servant aux deux injections préparante et déchaînante est toujours nécessaire.

Les résultats obtenus pour le poumon ne paraissent pas dus à une réaction particulière à cet organe. D'autres systèmes réagissent de la même manière à une sensibilisation locale. L'un de nous a pu réaliser au niveau de l'œil, en partant de protéines étrangères (sérum de cheval, ovalbumine et sérum de bœuf), une maladie conjonctivale bien localisée et capable de reproduction.

M. **Walter S. Adams** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *George Ellery Hale*.

NOMINATIONS.

M. **Léon Guillet** est chargé de représenter l'Académie au *Cinquantenaire* de la fondation du *Lycée* J.-B. Dumas, 2 à Alès, le 18 mars 1939.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Minéralogie en remplacement de M. *L. de Launay* décédé.

Le nombre des votants étant 57, le scrutin donne les résultats suivants :

	Nombre de suffrages.	
	1er tour.	2e tour.
M. Léon Bertrand	27	27
M. Emmanuel de Margerie	23	30
M. Albert Michel-Lévy	3	
M. Paul Fallot	1	
M. Paul Lemoine	1	
Bulletins blancs	2	

M. **Emmanuel de Margerie**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° D. Kashkarov, A. Jucov, K. Stanjukowitch. *The Cold Desert of central Tian-Shan. The Results of the Expedition of the Leningrad State University in summer of* 1934.

2° Fr. PELLEGRIN. *La Flore du Mayombe d'après les récoltes* de M. GEORGES LE TESTU, 3e partie (1938) (présenté par M. A Chevalier).

MM. **JOSEPH BETHENOD**, **JOSEPH BOUGAULT** et **PAUL LÉVY** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Section des Académiciens libres.

Le **SECRÉTAIRE EXÉCUTIF** invite l'Académie à se faire représenter à la célébration du *Centenaire* de la DUKE UNIVERSITY, à Durham, North Carolina, du 21 au 23 avril 1939.

M. **RENÉ WURMSER** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Villemot*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les moments des probabilités hypergéométriques.* Note de M. **CARLOS E. DIEULEFAIT**, présentée par M. Émile Borel.

1. Nous allons résoudre ce problème déjà étudié par MM. K. Pearson (*Rev. Biometrika*, mai 1924) et V. Romanovsky (*Giorn. dell'Instituto Italiano degli Attuari*, 1935), en suivant une nouvelle méthode qui nous conduit à de nouvelles formules finales très maniables.

2. La probabilité hypergéométrique, étant

$$P_\nu = \frac{\binom{qn}{\nu}\binom{pn}{r-\nu}}{\binom{n}{r}}$$

avec ν variable de o à r, peut être écrite sous la forme

$$P_\nu = \frac{-1}{\binom{n}{r}4\pi^2}\int_\Gamma \frac{z^{pm}}{(z-1)^{r-\nu+1}}\,dz\int_G \frac{w^{qn}}{(w-1)^{\nu+1}}\,dw,$$

où Γ et G sont des contours fermés entourant les points 1.

La fonction caractéristique

$$\varphi(t) = \sum_\nu P_\nu e^{\nu t}$$

sera alors

$$\varphi(t) = \frac{1}{\binom{n}{r} 2\pi i} \int_G \frac{w^{pn}\{1 + e^t(w-1)\}^{nq}}{(w-1)^{r+1}} dw,$$

si Γ et G étant des circonférences centrées au point 1, ont des rayons R et ρ tels que pour un t donné, soit

$$|e^t| < \frac{R}{\rho}.$$

En désignant par m_s les moments

$$m_s = \sum_\nu P_\nu \nu^s.$$

et comme

$$m_s = \varphi^{(s)}(0),$$

on a, en particulier,

$$m_1 = \frac{q^n}{\binom{n}{r} 2\pi i} \int_G \frac{w^{n-1}}{(w-1)^r} dw = rq$$

comme valeur moyenne.

La fonction caractéristique correspondant à la variable $\nu - rq$ sera alors

$$\Phi(t) = \frac{e^{-rqt}}{\binom{n}{r} 2\pi i} \int_G \frac{w^{pn}\{1 + e^t(w-1)\}^{nq}}{(w-1)^{r+1}} dw,$$

et les moments

$$\mu_s = \sum_\nu P_\nu (\nu - rq)^s = \Phi^{(s)}(0).$$

Mais, comme

$$\Phi^{(s)}(t) = \sum_{k=0}^{s} \binom{s}{k} (-1)^{s-k} \frac{(rq)^{s-k}}{\binom{n}{r} 2\pi i} \int_G \frac{w^{np}}{(w-1)^{r+1}} \frac{d^k\{1 + e^t(w-1)\}^{nq}}{dt^k} dw,$$

on déduit que, si

$$\mu_s = P_{s-1}(\mu) + \frac{(nq)_s}{\binom{n}{r}} \binom{n-s}{r-s} \qquad (s = 1, 2, 3, \ldots)$$

ou

$$(nq)_s = nq(nq-1)\ldots(nq-s+1)$$

et $P_{s-1}(\mu)$ étant un polynome en μ pris avec des subindices, où le plus grand est $s-1$, on aura la loi suivante de formation

$$P_0(\mu) = -rq\mu_0, \qquad P_s(\mu) = \mu P_{s-1}(\mu) + (s - rq)[\mu_s - P_{s-1}(\mu)],$$

où la multiplication $\mu P_{s-1}(\mu)$ faite au sens symbolique, conduit à augmenter d'une unité les subindices des μ du polynome $P_{s-1}(\mu)$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la division d'un segment par des points choisis au hasard.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Émile Borel.

Désignons par X_0, X_1, ..., X_n les longueurs des $n+1$ intervalles qui sont séparés par n points x_1, x_2, ..., x_n choisis au hasard sur le segment $(0, 1)$, la répartition de la probabilité étant uniforme; par Y_n le plus petit des X_ν; par Z_n le plus grand; par T_n un polyèdre régulier, à $n+1$ sommets, de hauteur unité, dans l'espace à n dimensions; par A le point intérieur à T_n, dont les distances aux $n+1$ faces sont X_0, X_1, ..., X_n. *Cette définition de* A *équivaut au choix d'un point au hasard dans* T_n, *avec une répartition uniforme de la probabilité.*

On en déduit, pour chacune des variables $X_\nu = X$,

$$\text{(1)} \qquad \Pr\{nX > x\} = \left(1 - \frac{x}{n}\right)^n \qquad (0 < x < n),$$

de sorte qu'asymptotiquement, pour n infini, nX dépend de la loi L_1 dont la fonction de répartition est $1 - e^{-x}$ $(x > 0)$; de même, S étant la somme de p des X_ν, nS dépend à la limite de la loi L_p (notation de notre Note du 27 décembre 1938).

L'inégalité $(n+1)Y_n > h$ $(0 < h < 1)$ exprime que A est intérieur à un polyèdre T'_n, homothétique à T_n, intérieur à T_n, de hauteur $1-h$. On en déduit que $(n+1)Y_n$ dépend de la même loi que X; asymptotiquement, la loi dont dépend $n^2 Y_n$ tend vers la loi L_1 ([1]).

Plaçons-nous maintenant au point de vue de la loi forte des grands nombres, la suite des x_ν étant supposée indéfiniment prolongée : 1° la probabilité que l'inégalité $n^2 Y_n > c \log\log n$ soit réalisée une infinité de fois est zéro si $c > 1$ et un si $c < 1$; 2° si a_1, a_2, ..., a_n, ... sont des nombres positifs décroissants, la probabilité que $Y_n < a_n$ soit réalisé une infinité de fois est zéro si la série $\Sigma n a_n$ est convergente et un si cette série est divergente. Ce dernier résultat peut être étendu à l'espace à p dimensions; une suite de points M_ν étant choisis, dans un volume fini ou infini de cet espace, suivant une loi de probabilité admettant une densité de probabilité bornée supérieurement, et Y_n désignant la plus petite des distances

---

([1]) Ce résultat est à rapprocher du suivant : si $(0, 1)$ est divisé en p intervalles égaux, la probabilité qu'après n expériences aucun de ces intervalles ne contienne deux points est asymptotiquement $\alpha = e^{-n^2/2p}$; la probabilité de $pY_n > 1$ est alors α^2.

entre deux des points $M_1, M_2, \ldots, M_n$, ce résultat subsiste en remplaçant seulement $\Sigma n a_n$ par $\Sigma n a''_n$.

L'inégalité $Z_n < h[1/(n+1) < h < 1]$ exprime que A est intérieur à un polyèdre T''_n inversement homothétique de T_n. L'évaluation du volume commun à T_n et T''_n oblige à considérer n cas distincts; la loi dont dépend Z_n n'est donc pas simple; nous obtiendrons tout de même autrement une expression asymptotique simple.

2. Remplaçons l'opération du choix d'un point x_ν dans le segment $(0, 1)$ par la suivante : pour chaque élément dx du segment $(0, L)(L > 1)$, un tirage au sort nous apprendra s'il contient un *point choisi*, ou non, la probabilité de la première circonstance étant dx. Après n opérations analogues, on aura choisi N′ points, et $\mathfrak{M}\{N'\} = nL$. La probabilité qu'un élément dx contienne un point choisi et soit suivi d'un intervalle de longueur l qui n'en contienne aucun, si $0 < x < L - l$, est $\theta\, dx$, en posant

$$(2) \qquad \theta = n e^{-nl}, \qquad \text{d'où} \quad nl = \log n - \log\theta.$$

Si $l < L - 1$, la probabilité qu'il n'existe aucun intervalle vide de longueur $\geq l$ ayant son origine dans le segment $(0, 1)$ est alors

$$(3) \qquad \Pr\{Z'_n < l\} = \Pr\{nZ'_n < \log n - \log\theta\} = e^{-\theta} \quad (^2),$$

Z'_n désignant le plus grand des intervalles vides ayant leur origine sur le segment $(0, 1)$.

Or, pour n infini, si $\log\theta$ est fini ou du moins ne croît pas trop vite, l tend vers zéro. On peut alors confondre les intervalles $(x, x+l)$ pour lesquels $0 < x < 1$ avec ceux intérieurs à $(0, 1)$, et ne s'occuper que des points choisis intérieurs à $(0, 1)$; soit N leur nombre; $N - n$ est, au sens de Bernoulli, $O(\sqrt{n})$; en rajoutant $n - N$ nouveaux points, ou en en supprimant $N - n$, on a très peu de chances de modifier le plus grand des intervalles distingués, qui est $o(1/\sqrt{n})$; cela revient à dire qu'on peut assimiler Z'_n et Z_n. La formule (3) s'applique donc asymptotiquement à Z_n.

Au point de vue de la loi forte des grands nombres : 1° la probabilité d'une infinité de réalisations de $nZ_n < \log n - \log\log\log n - c$ est zéro

---

(2) Cette formule a déjà été indiquée par M. E. Gumbel [*Le Journal de Physique et le Radium*, 7e série, 8, 1937, n° 8, formule (36)]. Mais la possibilité d'assimiler asymptotiquement Z_n et Z'_n semble n'avoir pas encore été indiquée. Mentionnons d'autre part que M. Émile Borel, quand nous lui avons communiqué nos résultats, nous a dit être depuis longtemps persuadé de la légitimité de cette assimilation.

si $c > 0$ et un si $c \leqq 0$; la probabilité d'une infinité de réalisations de $nZ_n > \log n + c \log\log n$ est zéro si $c > 1$ et un si $c \leqq 1$.

Remarques. — 1° Pour que $\Pr\{pZ_n < 1\}$ tende vers $e^{-\theta}$ (p et n augmentant indéfiniment), il faut et il suffit que n/p soit infiniment peu différent de $\log n/\theta$; si $\theta = e$, cette condition est réalisée en prenant pour n le $p^{\text{ième}}$ nombre premier. Si, d'autre part, on divise l'intervalle $(0, 1)$ en p intervalles égaux, et si l'on choisit n points au hasard entre 0 et 1, pour que la probabilité qu'aucun de ces intervalles ne soit vide tende vers $e^{-\theta}$, il faut et il suffit que n/p soit infiniment peu différent de $\log p/\theta$.

2° Dans le processus stochastique homogène lié à une loi stable d'exposant caractéristique $\alpha < 2$, le nombre probable des points d'un intervalle $(0, T)$ pour lesquels $|X(t+0) - X(t-0)| > u$ est $n = kTu^{-\alpha}$. Les résultats ci-dessus s'appliquent à la répartition de ces points, tant au point de vue de Bernoulli qu'à celui de la loi forte des grands nombres (si u tend vers zéro).

STATISTIQUE. — *Les valeurs de position d'une variable aléatoire.* Note de M. **Emil J. Gumbel**, présentée par M. Émile Borel.

Pour une distribution théorique on définit comme médiane x_0 et comme quartils x_1, x_2 les valeurs ayant les probabilités $\lambda = 1/2$; $1/4$; $3/4$. Pour savoir comment on doit choisir, d'après la courbe en échelle, les grandeurs correspondantes appelées centrale et quartals d'une répartition portant sur un petit nombre d'observations n, nous définissons d'abord les numéros m de positions correspondantes.

On prend comme centrale la valeur telle qu'il y ait le même nombre d'observations à gauche qu'à droite, et comme premier (ou second) quartal les centrales des observations situées à gauche (ou à droite) de la centrale. Les trois quartals sont donc respectivement les $(n+1):4^{\text{ièmes}}$, $(n+1):2^{\text{ièmes}}$ et $(3n+3):4^{\text{ièmes}}$ valeurs d'en bas. D'une façon analogue, nous attribuons à la *valeur de position* de la variable correspondant à une probabilité λ quelconque la $m^{\text{ième}}$ valeur d'en bas observée, de sorte que

$$(1) \qquad m - 1 = n\lambda - (1-\lambda); \qquad n - m = n(1-\lambda) - \lambda.$$

La $m^{\text{ième}}$ valeur est donc la $n\lambda + \lambda^{\text{ième}}$ valeur d'en bas. Cette attribution ne résout pas encore le problème. Car les $m^{\text{ièmes}}$ valeurs sont des variables statistiques dont il s'agit de choisir une moyenne. Choisissons la dominante.

La distribution (¹)

$$(2)\qquad {}_m\mathfrak{w}(x, n) = \binom{n}{m} W_{(x)}^{m-1}(1 - W_{(x)})^{n-m} w(x)$$

de la $m^{\text{ième}}$ valeur d'en bas d'une distribution initiale $w(x)$ ayant la probabilité $W(x)$ d'une valeur inférieure à x possède une dominante, dont la valeur s'obtient d'après

$$(3)\qquad \frac{w}{W}(m - 1 + W - nW) = -\frac{w'}{w}(1 - W).$$

En remplaçant m par λ d'après (1), on trouve la relation entre λ et W. Pour de grandes valeurs de n et m, et pour des $m^{\text{ièmes}}$ valeurs proches de la dominante, on obtient la solution évidente $W = \lambda$. Pour de petites valeurs de n, on établit une correction qui dépendra de la distribution initiale $w(x)$ et de n. Puisque

$$(4)\qquad \frac{W(1 - W)}{w^2} = ({}_m s^2 n),$$

valeur indépendante de n, où ${}_m s$ est, pour de grandes valeurs de n, l'écart type de la $m^{\text{ième}}$ valeur (²), on obtient des solutions de (3) de la forme

$$(5)\qquad nW = n\lambda + \frac{n}{n+1}\Delta; \qquad \Delta = 2W - 1 + w'({}_m s^2 n),$$

ou, ce qui est quelquefois plus pratique,

$$(5')\qquad nW = n\lambda + \frac{n}{n-1}c; \qquad c = 2\lambda - 1 + w'({}_m s^2 n),$$

formules dont on détermine la dominante de la $m^{\text{ième}}$ valeur correspondant à la probabilité λ donnée. Pour une distribution donnée $w(x)$ soumise à n observations, on doit encore éliminer w'. En remplaçant enfin la probabilité W par la fréquence observée $'W$, on peut déterminer, à l'aide de cette courbe en échelle, la $m^{\text{ième}}$ valeur observée ${}_m'x$ et corrigée correspondant à la probabilité λ suivant

$$(6)\qquad n'W({}_m'x) = n\lambda + \frac{n}{n-1}c(\lambda),$$

où la correction $c(\lambda)$ dépend de la distribution choisie $w(x)$. Pour la

(¹) *Annales de l'Institut Henri Poincaré*, **4**, II, Paris, 1935, p. 115.

(²) H. Eyraud, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 819.

distribution exponentielle asymétrique, par exemple, on obtient

$$n' W({}_m'x) = n\lambda - (1 - \lambda). \tag{6'}$$

Pour une distribution symétrique on n'obtient aucune correction pour la centrale, et les mêmes corrections, mais de signes différents, pour les $m^{\text{ièmes}}$ valeurs d'en haut et d'en bas.

On peut utiliser ces valeurs de position pour le calcul des constantes. Pour une distribution $w(x, h_1, h_2, \ldots, h_k)$ à k constantes on établit, d'après (6), les $m^{\text{ièmes}}$ valeurs ${}_m'x$ corrigées en nombre k. Alors les k équations

$$W({}_m'x, h_1, h_2, \ldots, h_k) = \lambda, \tag{7}$$

qui contiennent k valeurs observées ${}_m'x$ et les probabilités λ connues, permettent souvent de déterminer les k constantes h_ν d'une façon simple. Cette détermination évite les calculs numériques que demande la méthode des moments. En outre la méthode des valeurs de positions ne donne pas l'aspect d'une précision, en réalité inexistante, pour des observations incertaines.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une transformation des congruences à angle des plans focaux constants.* Note de M. **Paul Vincensini**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Appelons, comme nous l'avons fait antérieurement (1), T(O, α) la transformation qui remplace une congruence rectiligne quelconque C par C_α, obtenue en faisant tourner chaque rayon D de C, autour de sa parallèle issue du point fixe O, d'un angle déterminé α, dans un sens déterminé.

Soient S la somme des distances algébriques des foyers de D à la projection orthogonale de O sur D, π le paramètre moyen relatif à D, $2d$ et 2δ les distances respectives des points limites et des foyers portés par D, ω l'angle des plans focaux issus de D.

On sait qu'on a les relations

$$\pi = 2d\cos\omega = 2\delta\cot\omega, \qquad \sin\omega = \frac{\delta}{d}. \tag{1}$$

Si l'on affecte d'accents les éléments relatifs au rayon D_α de C_α trans-

(1) Paul Vincensini, *Recueil de la Soc. math. de Moscou*, 40, 1933, p. 467.

formé de D par T(O, α), on établit sans peine que

$$S' = S\cos\alpha + \pi\sin\alpha, \qquad d' = d. \tag{2}$$

En portant dans (2) la première expression (1) de π, on peut mettre S′ sous la forme

$$S' = S\cos\alpha + 2\,d\cos\omega\sin\alpha. \tag{3}$$

2. Bornons-nous maintenant à la considération des congruences C à angle ω des plans focaux constant [que pour simplifier nous appellerons *congruences* (ω)], et appliquons à l'une de ces congruences une transformation T(O, $\pi/2$).

Pour la congruence transformée, on aura, d'après (3) et (2),

$$\frac{S'}{2d'} = \cos\omega. \tag{4}$$

Si K est la projection de O sur un rayon quelconque de la congruence transformée, et si L, L′ sont les points limites de ce rayon, on vérifie sans peine que (4) peut s'écrire $\overline{KL}/\overline{KL'} = -\tan^2\omega$; d'où ce résultat, généralisant la propriété connue des congruences normales, suivant laquelle leurs transformées par une T(O, $\pi/2$) sont des congruences à enveloppée moyenne point :

Les transformées par T(O, $\pi/2$) *des congruences* (ω) *à angle des plans focaux constant, sont les congruences telles que les projections du point fixe* O *sur les différents rayons partagent les segments limites dans un rapport constant.*

3. Les congruences normales (d'Appell) admettant pour enveloppée moyenne un point fixe O, conservent leur double propriété au cours d'une T(O, α) arbitraire. Nous allons généraliser ces congruences, en cherchant les congruences (ω) restant telles au cours de transformations T(O, α).

Le calcul de l'angle ω' sous lequel se coupent les plans focaux relatifs au rayon transformé d'un rayon quelconque d'une congruence (ω) donne

$$\cos\omega' = \cos\omega\cos\alpha - \frac{S}{\delta}\sin\omega\sin\alpha, \tag{5}$$

et l'on voit que, pour que ω' soit constant pour les ∞^1 transformées relatives aux différentes valeurs de α (variable en général d'une congruence à l'autre), il faut et il suffit que $(S/2\delta) = \text{const}$. Cette condition exprime que

les projections de O sur les différents rayons de la congruence (ω) de départ partagent les *segments focaux* en rapport constant. Ainsi :

Les congruences (ω) *restant telles au cours d'un cycle continu de transformation* T(O, α), *sont celles pour lesquelles il existe un point fixe* O *dont les projections sur les différents rayons partagent les segments focaux dans un rapport constant* k.

Au cours des ∞^1 transformations T(O, α), les deux propriétés $\omega =$ const., $k =$ const. sont conservées.

Les cycles de congruences en transformation T(O, α) qui viennent d'être mis en évidence jouissent de nombreuses propriétés géométriques intéressantes, que nous étudierons dans un travail spécial.

Signalons seulement ici que les congruences d'Appell sont les seules congruences (ω) pour lesquelles (ω) non seulement reste constant au cours du cycle T(O, α), mais garde la même valeur pour toutes les congruences transformées.

GÉOMÉTRIE ET TOPOLOGIE. — *Sur les congruences paratactiques et les parallélismes dans les espaces projectifs.* Note de M. C. **Ehresmann**, présentée par M. Élie Cartan.

Soient P_n l'espace projectif réel à n dimensions, H_n l'espace projectif complexe à n dimensions complexes engendré par P_n et désignons par x, $\bar{x}$ deux points imaginaires conjugués de H_n, c'est-à-dire homologues dans l'anti-involution admettant P_n comme lieu de ses points invariants. Pour qu'il existe dans P_n un champ de directions sans singularités, il faut et il suffit que n soit impair. Dans ce cas, il existe même des congruences de droites contenant une droite et une seule passant par un point arbitraire; une telle congruence forme un *système de fibres* rectilignes pour P_n. Par exemple, prenons dans H_{2p+1} deux variétés planes imaginaires conjuguées H_p et $\overline{H}_p$ sans points communs. Par tout point réel de P_{2p+1} passe une droite et une seule rencontrant H_p et $\overline{H}_p$; l'ensemble de ces droites, qui sont réelles, s'appelle une congruence paratactique et forme un système de fibres rectilignes pour P_{2p+1}. La variété des fibres est homéomorphe à H_p; mais on remarque que P_{2p+1} n'est pas le produit de H_p par une droite. L'ensemble des H_p sans points réels forme deux variétés connexes disjointes. H_p et $\overline{H}_p$ sont de même espèce (appartiennent à la même variété

connexe) ou d'espèce différente suivant que p est impair ou pair. Il y a donc deux espèces de congruences paratactiques *orientées*. Si p est pair, deux congruences paratactiques orientées contiennent au moins une droite orientée commune ou un couple de droites orientées opposées suivant qu'elles sont de même espèce ou d'espèce différente. Si p est impair, en général deux congruences paratactiques n'ont pas de droite non orientée commune quand elles sont de même espèce, et ont au moins une droite orientée commune et un couple de droites orientées opposées quand elles sont d'espèce différente.

Dans H_{4k-1} considérons deux variétés H_{2k-1} et $\overline{H}_{2k-1}$ sans points communs. H_{2k-1} admet un système de fibres formé par des droites projectives complexes; par exemple une anticongruence linéaire $\mathcal{F}_k$, c'est-à-dire le système des droites invariantes par une anti-involution $\mathcal{J}$ sans point double. Soit Δ une droite de $\mathcal{F}_k$. La variété plane à trois dimensions contenant $\Delta, \overline{\Delta}$ est une variété réelle II. *L'ensemble des variétés* II *forme un système de fibres planes à trois dimensions pour* P_{4k-1}. La topologie de la variété des fibres, c'est-à-dire de $\mathcal{F}_k$, s'étudie simplement. Considérons dans H_{2k-1} des droites Δ_1, $\Delta_2, \ldots, \Delta_k$ appartenant à $\mathcal{F}_k$ telles que H_{2k-1} soit la plus petite variété plane qui les contienne toutes. Soit $\mathcal{F}_i$ la variété des droites de $\mathcal{F}_k$ qui appartiennent à la plus petite variété plane contenant $\Delta_1, \Delta_2, \ldots, \Delta_i$. Dans $\mathcal{F}_k$ tout cycle est homologue à O ou à un multiple du cycle défini par $\mathcal{F}_i$. Tout cycle dont la dimension est comprise entre $4(i-1)$ et $4i$ est déformable en un cycle situé sur $\mathcal{F}_i$. Le polynome de Poincaré de $\mathcal{F}_k$ est $t^{4(k-1)}+t^{4(k-2)}+\ldots+t^4+1$. En particulier $\mathcal{F}_2$ est homéomorphe à la sphère S_4 à quatre dimensions. On remarque que P_{4k-1} n'est pas le produit topologique de $\mathcal{F}_k$ par l'espace projectif réel à trois dimensions. La sphère S_{4k-1} admettra un système de fibres sphériques à trois dimensions, la variété des fibres étant encore $\mathcal{F}_k$. On constate que H_{2k-1} a le même anneau d'homologie que le produit topologique de $\mathcal{F}_k$ par la sphère S_2, et il serait intéressant de savoir si H_{2k-1} est homéomorphe à ce produit topologique.

Considérons dans H_{4k-1} une quadrique non dégénérée Q_{4k-2} sans points réels et invariante par l'anti-involution $x \to \overline{x}$. Supposons que H_{2k-1} et $\overline{H}_{2k-1}$ soient deux génératrices de Q_{4k-2}. Soit x un point arbitraire de H_{2k-1}. Le plan tangent à Q_{4k-2} en $\overline{x}$ coupe H_{2k-1} suivant une variété plane $\overline{X}_{2k-2}$ ne contenant pas x. La correspondance $x \to \overline{X}_{2k-2}$ est une antipolarité elliptique $\mathcal{L}$ dans H_{2k-1}. On peut trouver une anti-involution $\mathcal{J}$ définie dans H_{2k-1} et telle que le point x' correspondant à x

appartienne à $\overline{X}_{2k-2}$. Les droites $x\overline{x'}$ forment alors une famille Φ de génératrices de Q_{4k-2}. Par un point arbitraire y de $x\overline{x'}$ passe une génératrice bien déterminée H^{y}_{2k-1} de Q_{4k-2} rencontrant toutes les droites de Φ. Quatre génératrices H^{y}_{2k-1} déterminent sur toutes ces droites le même rapport anharmonique. Soit λ le rapport anharmonique correspondant à trois génératrices fixes et une génératrice variable et désignons celle-ci par H^{λ}_{2k-1}. Soient Δ la droite xx' et Π la variété plane à trois dimensions contenant Δ et $\overline{\Delta}$. Les variétés Π forment dans P_{4k-1} un système de fibres planes; toute génératrice H^{λ}_{2k-1} rencontre Π suivant une droite Δ_λ. La famille de génératrices H^{λ}_{2k-1} détermine dans P_{4k-1} une famille $\mathfrak{S}$ de congruences paratactiques sans droites communes. Les droites de ces congruences sont les droites réelles des fibres Π. Pour les droites appartenant à une même fibre Π, la famille $\mathfrak{S}$ détermine un parallélisme de Clifford. *La famille $\mathfrak{S}$ définit un parallélisme pour l'ensemble des droites appartenant à l'ensemble des fibres* Π. Toute congruence paratactique admet au moins une droite commune avec une congruence de la famille $\mathfrak{S}$.

Considérons en particulier P_7 et H_7. L'antipolarité $\mathfrak{L}$ fait correspondre à la droite Δ une droite Δ'. Les génératrices à trois dimensions de Q_6 qui passent par Δ_λ sont les variétés planes déterminées par Δ_λ et $\Delta'_{\lambda'}$, où λ' est quelconque. Établissons entre λ et λ' une anti-involution de première espèce qui soit échangeable avec l'anti-involution de deuxième espèce $\lambda \to \lambda_1$ définie par $\overline{H^{\lambda}_{3}} = H^{\lambda_1}_{3}$. La famille $\mathcal{G}$ des génératrices contenant Δ_λ et $\Delta'_{\lambda'}$ forme alors dans Q_6 un système de fibres planes à trois dimensions complexes. La famille $\mathcal{G}$ définit dans P_7 une famille de congruences paratactiques telle que toute droite de P_7 appartient à une de ces congruences et une seule; en d'autres termes *$\mathcal{G}$ définit un parallélisme* (¹) *pour les droites de* P_7. La variété des fibres du système $\mathcal{G}$ est homéomorphe à la sphère S_6. On remarque encore que Q_6 a le même anneau d'homologie que le produit topologique de H_3 par S_6.

Ce qui précède pose le problème général de l'existence de systèmes de fibres planes dans les espaces projectifs réels ou complexes, problème lié à celui de l'existence de parallélismes.

(¹) La découverte de parallélismes dans P_7 est due à M. E. Cartan.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorème sur l'équation de Riccati.* Note (¹) de M. **Dragoslav S. Mitrinovitch.**

Relativement à l'équation de Riccati

$$\frac{dy}{dx}+y^2=\Phi(x), \tag{1}$$

on peut énoncer le théorème suivant : *Toutes les fois que l'équation* (1) *est intégrable, il en est de même de l'équation*

$$\frac{dy_1}{dx}+y_1^2=\Phi_1(x), \tag{2}$$

avec (les accents marquant des dérivées par rapport à x)

$$\Phi_1(x)=\Phi+\frac{Q''-\Phi'}{Q}+\frac{3}{4}[\log(\Phi-Q'-Q^2)]'^2$$
$$+\frac{\Phi-Q'}{Q}[\log(\Phi-Q'-Q^2)]'-\frac{1}{2}\frac{(\Phi-Q'-Q^2)''}{\Phi-Q'-Q^2},$$

$Q(x)$ *étant une fonction arbitraire de* x; *la solution générale de* (2) *sera*

$$y_1=\frac{\Phi-Q'-Q^2}{Q}\frac{y}{y-Q}+\frac{Q'-\Phi}{Q}-\frac{1}{2}\frac{(\Phi-Q'-Q^2)'}{\Phi-Q'-Q^2}, \tag{3}$$

où y *désigne la solution générale de* (1).

Du théorème précédent on peut tirer diverses conséquences, parmi lesquelles nous allons indiquer les deux suivantes :

I. Si l'on pose ($\omega\neq 0$ est une fonction de x)

$$\frac{dQ}{dx}+Q^2=\Phi(x)-\omega(x), \tag{4}$$

le théorème indiqué s'énonce comme suit : *Si l'équation* (1) *est intégrable, il en sera de même de l'équation*

$$\frac{dy_1}{dx}+y_1^2=\Phi-2Q'+\frac{3}{4}\left(\frac{\omega'}{\omega}\right)^2+Q\frac{\omega'}{\omega}-\frac{1}{2}\frac{\omega''}{\omega},$$

$Q(x)$ *étant une solution quelconque de* (4).

(¹) Séance du 9 janvier 1939.

Le dernier théorème comprend, comme cas particulier, le théorème curieux de Darboux [1] : *Si l'on sait intégrer l'équation linéaire*

$$\frac{d^2y}{dx^2} = [\varphi(x) + h]y,$$

pour toutes les valeurs de h, on en déduira une suite illimitée d'équations pareilles, également intégrables.

Pour le faire voir il faut, dans notre théorème, poser

$$\Phi(x) = \varphi(x) + h, \qquad \omega(x) = h - h_1$$

(h et h_1, $h \neq h_1$ sont des constantes) et effectuer quelques substitutions.

II. L'équation (1) est transformable en elle-même [au sens d'Appell [2]] à l'aide de changement de fonction (3), si l'on admet

$$\frac{Q'' - \Phi'}{Q} + \frac{3}{4}[\log(\Phi - Q' - Q^2)]'^2 + \frac{\Phi - Q'}{Q}[\log(\Phi - Q' - Q^2)]' - \frac{1}{2}\frac{(\Phi - Q' - Q^2)''}{\Phi - Q' - Q^2} = 0.$$

L'intégration de cette équation fournit

$$\Phi(x) = Q' + Q^2 + \frac{K_1 e^{-4\int Q\,dx}}{\left(K_2 - \int e^{-2\int Q\,dx}\,dx\right)^2} \qquad (K_{1,2} = \text{const.}).$$

L'équation (1), *où* Φ *est défini par la dernière formule, est intégrable.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une remarque sur les espaces de M. Besikowitch.* Note de M. **Joseph Marcinkiewicz**, présentée par M. Paul Montel.

On appelle l'espace B_p l'espace de fonctions $f(x)$ $(-\infty < x < +\infty)$ dans lequel la distance $|f - g|$ est définie par la formule

$$|f - g| = \limsup_{T \to \infty} \left\{ \frac{1}{2T} \int_{-T}^{T} |f - g|^p\,dx \right\}^{\frac{1}{p}}.$$

---

(1) *Comptes rendus*, 94, 1882, p. 1456; *Théorie générale des surfaces*, 2, 1915, p. 210.

(2) *Acta mathematica*, 15, 1891, p. 283.

Le but de cette Note est de démontrer le

THÉORÈME. — *Les espaces* B_p $(p \geqq 1)$ *sont complets.*

En effet, soit $\{f_n(x)\}$ une suite de fonctions de l'espace B_p telles que

$$\lim_{m,n \to \infty} |f_m - f_n| = 0. \tag{1}$$

Il est facile de choisir une sous-suite $\{f_{n_i}\}$ de manière que l'on ait

$$|f_{n_i} - f_{n_{i+1}}| \leqq 2^{-(i+1)}; \tag{2}$$

pour toute fonction $f(x)$, posons

$$\delta_\lambda(f) = \underset{\lambda \leqq T < \infty}{\text{borne sup.}} \left(\frac{1}{2T} \int_{-T}^{T} |f|^p \, dx \right)^{\frac{1}{p}}.$$

Choisissons la suite λ_i de manière que l'on ait

$$\lambda_{i+1} > 2\lambda_i, \tag{3}$$

$$\delta_{\lambda_i}(f_{n_i} - f_{n_{i+1}}) \leqq 2^{-i}. \tag{4}$$

La suite $\{\lambda_i\}$ choisie, posons

$$f(x) = \begin{cases} f_{n_i}(x) & \text{pour } \lambda_i \leqq |x| < \lambda_{i+1} \qquad (i = 1, 2, \ldots), \\ 0 & \text{pour } |x| < \lambda_1. \end{cases}$$

Nous allons démontrer que

$$|f(x) - f_{n_i}(x)| \to 0. \tag{5}$$

En effet, soit

$$\lambda_k \leqq T < \lambda_{k+1}.$$

On a

$$\begin{aligned} \int_{-T}^{T} |f(x) - f_{n_i}(x)|^p \, dx = {} & \sum_{\nu=1}^{i} \int_{D_\nu} |f(x) - f_{n_i}(x)|^p \, dx \\ & + \sum_{\nu=i+1}^{k-1} \int_{D_\nu} |f(x) - f_{n_i}(x)|^p \, dx \\ & + \int_{\lambda_k \leqq |x| < T} |f(x) - f_{n_i}(x)|^p \, dx \\ & + \int_{|x| \leqq \lambda_1} |f_{n_i}(x)|^p \, dx = A + B + C + D, \end{aligned} \tag{6}$$

où le domaine D_ν est défini par les inégalités $\lambda_\nu \leqq |x| < \lambda_{\nu+1}$. Or on a,

pour $\nu < i$,

$$\left\{ \int_{D_\nu} |f(x) - f_{n_i}(x)|^p \, dx \right\}^{\frac{1}{p}}$$

$$= \left\{ \int_{D_\nu} |f_{n_\nu} - f_{n_i}|^p \, dx \right\}^{\frac{1}{p}} \leqq \sum_{\omega=\nu}^{i-1} \left\{ \int_{D_\nu} |f_{n_\omega} - f_{n_{\omega+1}}|^p \, dx \right\}^{\frac{1}{p}}$$

$$\leqq \lambda_{\nu+1}^{\frac{1}{p}} \Sigma 2^{-\omega} = 2 \lambda_{\nu+1}^{\frac{1}{p}}.$$

Il en résulte

(7) $\displaystyle\int_{D_\nu} |f_{n_\nu}(x) - f_{n_i}(x)|^p \, dx \leqq 2^p \lambda_{\nu+1}, \qquad A \leqq 2^p(\lambda_1 + \lambda_2 + \ldots + \lambda_i) = 2^{p+1} \lambda_i.$

D'autre part, pour $\nu > i$, on trouve

$$\left\{ \int_{D_\nu} |f(x) - f_{n_i}(x)|^p \, dx \right\}^{\frac{1}{p}}$$

$$= \left\{ \int_{D_\nu} |f_{n_i} - f_{n_\nu}|^p \, dx \right\}^{\frac{1}{p}} \leqq \sum_{\omega=i}^{\nu-1} \left\{ \int_{D_\nu} |f_\omega - f_{\omega+1}|^p \, dx \right\}^{\frac{1}{p}} \leqq 2^{i-+1} \lambda_{\nu+1}^{\frac{1}{p}}$$

ou bien

$$\int_{D_\nu} |f(x) - f_{n_i}(x)|^p \, dx \leqq 2^{-(i-1)p} \lambda_{\nu+1}.$$

Il en résulte

(8) $B \leqq 2^{-i+1}(\lambda_i + \lambda_{i+1} + \ldots + \lambda_k) = 2^{-i+2} T.$

On démontre enfin d'une manière analogue l'inégalité

(9) $C \leqq 2^{-i+2} T.$

Les formules (7), (8) et (9) donnent

$$\left\{ \frac{1}{2T} \int_{-T}^{T} |f(x) - f_{n_i}(x)|^p \, dx \right\}^{\frac{1}{p}} \leqq \left[\frac{2^{p+1} \lambda_i}{T} + 2^{-i+3} + \frac{\text{const.}}{T} \right].$$

On en tire

$$|f - f_{n_i}| \leqq 2^{-i+3}.$$

Soit $n_i \leqq \nu < n_{i+1}$. On a

$$|f_\nu - f| \leqq |f_\nu - f_{n_i}| + |f_{n_i} - f| \leqq 2^{-i} + 2^{-i+3},$$

ce qui démontre notre théorème.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions holomorphes dans le cercle unité.* Note [1] de M. CHI-TAI CHUANG, présentée par M. Paul Montel.

Je me propose de donner quelques applications des théorèmes que j'ai donnés dans ma Note [2] précédente.

1. D'une proposition énoncée dans cette Note découle le théorème suivant :

THÉORÈME I. — *Si* $Z = f(z) = \sum_{n=0} c_n z^n$ *est une fonction holomorphe dans le cercle* $|z| < 1$, *et si, correspondant à toute couronne* (Γ) *dans le plan* Z, *de centre origine et d'épaisseur supérieure à un nombre positif donné* M, *il existe un nombre* $\omega(\Gamma)$ *tel que la fonction inverse de* $f(z)$, *restreinte au cercle* $|z| < 1$, *ne possède que* $k - 1$ *branches au plus, holomorphes dans* (Γ) *fendue suivant* $\arg Z = \omega(\Gamma)$, $f(z)$ *est majorée par*

$$\mu_k\left(M + \sum_{i=0}^{k-1} |c_i|\right)\left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} n^{\alpha k^2} z^n\right),$$

où μ_k *est un nombre positif ne dépendant que de* k *et* α *est une constante positive numérique.*

Il en résulte le

THÉORÈME II. — *Une fonction* $f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n z^n$ *holomorphe et q-valente dans le cercle* $|z| < 1$, *est majorée par*

$$\nu_q\left(\sum_{i=0}^{q} |c_i|\right)\left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} n^{\beta q^2} z^n\right),$$

où ν_q *est un nombre positif ne dépendant que de* q *et* β *est une constante positive numérique.*

2. Considérons une fonction holomorphe $F(z)$ dans le cercle $|z| < 1$, ne prenant pas les valeurs 0 et 1. En posant $F(z) = e^{f(z)}$, et en appliquant le théorème I à la fonction $f(z)$, on a cet énoncé :

THÉORÈME III. — *Si* $F(z)$ *est une fonction holomorphe dans le cercle* $|z| < 1$

---

(1) Séance du 9 janvier 1939.

(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 76.

et ne prenant pas les valeurs o *et* 1, $\log F(z)$ *étant une branche quelconque du logarithme de* $F(z)$, *est majorée par*

$$\rho[1+|\log F(0)|]\left(1+\sum_{n=1}^{\infty} n^{\gamma} z^n\right),$$

où ρ *et* γ *sont des constantes positives numériques.*

L'application d'un théorème de la Note citée et de la méthode directe de M. Valiron, fournit des énoncés sur un problème proposé par M. Montel ([3]), et sur un problème considéré par M. Valiron ([4]). On a, par exemple, les énoncés suivants :

Théorème IV. — *Soit* $F(z)$ *une fonction holomorphe dans* $|z|<1$ *ne prenant pas la valeur zéro et dont la dérivée d'ordre* ν, $F^{(\nu)}(z)$ $(\nu \geqq 1)$, *ne prend pas la valeur un.* $\log F(z)$ *étant une branche quelconque du logarithme de* $F(z)$, *est majorée par*

$$\rho_\nu[1+|\log F(0)|]\left(1+\sum_{n=1}^{\infty} n^{\gamma'\nu^2} z^n\right),$$

où ρ_ν *est un nombre positif ne dépendant que de* ν *et* γ' *est une constante positive numérique.*

Théorème V. — *Soit* $F(z)$ *une fonction holomorphe dans* $|z|<1$ *ne prenant pas la valeur zéro et dont la dérivée d'ordre* ν, $F^{(\nu)}(z)$ $(\nu \geqq 1)$ *est bornée en module par un nombre positif donné* L, *aux points, situés dans* $|z|<1$, *où* $F(z)$ *prend la valeur un.* $\log F(z)$ | *étant une branche quelconque du logarithme de* $F(z)$, *est majorée par*

$$\varpi_\nu\left(1+L^{\frac{1}{\nu}}+|\log F(0)|\right)\left(1+\sum_{n=1}^{\infty} n^{\tau\nu^2} z^n\right),$$

où ϖ_ν *est un nombre positif ne dépendant que de* ν *et* τ *est une constante positive numérique.*

([3]) *L'Enseignement math.*, 33, 1934, p. 11.

([4]) *Actualités scientifiques et industrielles*, 570, 1937, p. 44-47; *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 890-892.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur quelques généralisations relativistes des équations fondamentales de Mécanique analytique.* Note de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'objet de cette Note est 1° d'apporter quelques modifications à une Note récente ([1]), parue sous le même titre; 2° d'établir les équations canoniques du champ du photon, du champ du mésoton et du champ électromagnétique.

I. *a*. Nous partons du principe variationnel

$$\delta \iiiint \mathcal{L}_\alpha\left(q^\alpha, \frac{\partial q^\varepsilon}{\partial x^\varepsilon}, x^\varepsilon\right) d\mathrm{W}^{\beta\gamma\delta\lambda} = 0. \tag{1, 1}$$

En posant

$$p_\alpha = \frac{\partial \mathcal{L}_\alpha}{\partial\left(\dfrac{\partial q^\varepsilon}{\partial x^\varepsilon}\right)} \quad \text{et} \quad \mathrm{H}_\alpha = -\mathcal{L}_\alpha + \left(\frac{\partial q^\varepsilon}{\partial x^\varepsilon}\right) p_\alpha, \tag{1, 2}$$

les équations canoniques et les équations de Jacobi prennent la forme

$$\frac{\partial \mathrm{H}_\alpha}{\partial p_\beta} = \left(\frac{\partial q^\varepsilon}{\partial x^\varepsilon}\right) \Delta_\alpha^\beta, \qquad \frac{\partial \mathrm{H}_\alpha}{\partial q^\beta} = -\frac{\partial p_\alpha}{\partial x_\beta}, \tag{1, 3}$$

$$\mathrm{H}_\alpha = -\frac{\partial \mathrm{F}_\alpha^\beta}{\partial x^\beta}, \qquad p_\alpha \Delta_\gamma^\beta = \frac{\partial \mathrm{F}_\alpha^\beta}{\partial q^\gamma}, \qquad b_\alpha \Delta_\gamma^\beta = \frac{\partial \mathrm{F}_\alpha^\beta}{\partial x^\gamma}. \tag{1, 4}$$

b. Considérons le principe variationnel

$$\delta \iiiint \mathcal{L}_\alpha\left(q_\alpha, \frac{\partial q_\alpha}{\partial x_\beta}, x^\beta\right) d\mathrm{W}^{\gamma\delta\lambda\varepsilon} = 0. \tag{2, 1}$$

En posant

$$p_\alpha^{\beta\gamma} = \frac{\partial \mathcal{L}_\alpha}{\partial\left(\dfrac{\partial q_\beta}{\partial x^\gamma}\right)} \quad \text{et} \quad \mathrm{H}_\alpha = -\mathcal{L}_\alpha + \frac{\partial q_\beta}{\partial x^\gamma} p_\alpha^{\beta\gamma}, \tag{2, 2}$$

on obtient

$$\frac{\partial \mathrm{H}_\alpha}{\partial p_\delta^{\beta\gamma}} = \frac{\partial q_\beta}{\partial x^\gamma} \Delta_\alpha^\delta, \qquad \frac{\partial \mathrm{H}_\alpha}{\partial q_\beta} = -\frac{\partial p_\alpha^{\beta\gamma}}{\partial x^\gamma}, \tag{2, 3}$$

$$\mathrm{H}_\alpha = -\frac{\partial \mathrm{F}_\alpha^\beta}{\partial x^\beta}, \qquad p_\alpha^{\beta\gamma} = \frac{\partial \mathrm{F}_\alpha^\beta}{\partial q_\gamma}, \qquad b_\alpha^{\beta\gamma} = \frac{\partial \mathrm{F}_\alpha^\beta}{\partial a_\gamma}. \tag{2, 4}$$

II. Nous allons considérer maintenant le principe variationnel dont le

([1]) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1028.

lagrangien $\mathcal{L}$ est une fonction scalaire des champs q_α et $q'_{\alpha\beta\gamma}$ (tenseur complètement antisymétrique) ainsi que de leurs divergences et rotationnels

$$\delta\iiiint \mathcal{L}\left(q_\alpha, \frac{\partial q_\alpha}{\partial x^\beta}-\frac{\partial q_\beta}{\partial x^\alpha}, \frac{\partial q_\delta}{\partial x^\delta}; q'_{\alpha\beta\gamma}, \frac{\partial q'_{\alpha\beta\gamma}}{\partial x^\delta}-\frac{\partial q'_{\delta\alpha\beta}}{\partial x^\gamma}+\frac{\partial q'_{\gamma\delta\alpha}}{\partial x^\beta}-\frac{\partial q'_{\beta\gamma\delta}}{\partial x^\alpha}, \frac{\partial q'_{\alpha\beta\gamma}}{\partial x^\gamma}, x^\varepsilon\right) dW^{\lambda\mu\nu\omega}=0.$$

posant

$$\left\{\begin{aligned} & p_{\alpha\beta}=\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\frac{1}{2}\left(\frac{\partial q_\alpha}{\partial x^\beta}-\frac{\partial q_\beta}{\partial x^\alpha}\right)}, \quad p=\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\left(\frac{\partial q_\delta}{\partial x^\delta}\right)}, \quad p'_{\alpha\beta\gamma\delta}=\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\frac{1}{4}\left(\frac{\partial q'_{\alpha\beta\gamma}}{\partial x^\delta}-\ldots\right)}, \quad p'_{\alpha\beta}=\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\left(\frac{\partial q'_{\alpha\beta\gamma}}{\partial x^\gamma}\right)};\\ & H=-\mathcal{L}+\frac{1}{2}\left(\frac{\partial q_\alpha}{\partial x^\beta}-\frac{\partial q_\beta}{\partial x^\alpha}\right)p_{\alpha\beta}+\frac{\partial q_\delta}{\partial x^\delta}p+\frac{1}{4}\left(\frac{\partial q'_{\alpha\beta\gamma}}{\partial x^\delta}-\ldots\right)p'_{\alpha\beta\gamma\delta}+\frac{\partial q'_{\alpha\beta\gamma}}{\partial x^\gamma}p'_{\alpha\beta};\end{aligned}\right.$$

obtenons

$$\left\{\begin{aligned} & \frac{\partial H}{\partial p_{\alpha\beta}}=\frac{1}{2}\left(\frac{\partial q_\alpha}{\partial x^\beta}-\frac{\partial q_\beta}{\partial x^\alpha}\right), \quad \frac{\partial H}{\partial p}=\frac{\partial q_\delta}{\partial x^\delta}, \quad \frac{\partial H}{\partial q_\alpha}=-\frac{\partial p_{\alpha\beta}}{\partial x^\beta}-\frac{\partial p}{\partial x^\alpha}, \quad \frac{\partial H}{\partial p'_{\alpha\beta}}=\frac{\partial q'_{\alpha\beta\gamma}}{\partial x^\gamma},\\ & \frac{\partial H}{\partial p'_{\alpha\beta\gamma\delta}}=\frac{1}{4}\left(\frac{\partial q'_{\alpha\beta\gamma}}{\partial x^\delta}-\frac{\partial q'_{\delta\alpha\beta}}{\partial x^\gamma}+\frac{\partial q'_{\gamma\delta\alpha}}{\partial x^\beta}-\frac{\partial q'_{\beta\gamma\delta}}{\partial x^\alpha}\right), \quad \frac{\partial H}{\partial q'_{\alpha\beta\gamma}}=-\frac{1}{3}\left(\frac{\partial p'_{\alpha\beta}}{\partial x^\gamma}+\frac{\partial p'_{\gamma\alpha}}{\partial x^\beta}+\frac{\partial p'_{\beta\gamma}}{\partial x^\alpha}\right)-\frac{\partial p'_{\alpha\beta\gamma\delta}}{\partial x^\delta};\end{aligned}\right.$$

$$\left\{\begin{aligned} & H=-\frac{\partial V_\alpha}{\partial x^\alpha}(q_\alpha, q'_{\alpha\beta\gamma}, a_\alpha, a'_{\alpha\beta\gamma}), \quad p_{\alpha\beta}=\frac{\partial V_\alpha}{\partial q_\beta}=-\frac{\partial V_\beta}{\partial q_\alpha}; \quad p=\frac{\partial V_1}{\partial q_1}=\frac{\partial V_2}{\partial q_2}=\ldots,\\ & p'_{\alpha\beta\gamma\delta}=\frac{\partial V_\alpha}{\partial q'_{\beta\gamma\delta}}=-\frac{\partial V_\beta}{\partial q'_{\gamma\delta\alpha}}=\ldots, \quad p'_{\alpha\beta}=\frac{\partial V_1}{\partial q'_{\alpha\beta 1}}=\frac{\partial V_2}{\partial q'_{\alpha\beta 2}}=\ldots,\end{aligned}\right.$$

et les équations analogues pour $b_{\alpha\beta}$, b, $b'_{\alpha\beta\gamma\delta}$ et $b'_{\alpha\beta}$.

Considérons un lagrangien de la forme

$$\begin{aligned} (3,5)\qquad L= & A q_\alpha q^\alpha + B\left(\frac{\partial q^\delta}{\partial x^\delta}\right)\left(\frac{\partial q^\delta}{\partial x^\delta}\right)+C\left(\frac{\partial q_\alpha}{\partial x^\beta}-\frac{\partial q_\beta}{\partial x^\alpha}\right)\left(\frac{\partial q_\alpha}{\partial x^\beta}-\frac{\partial q_\beta}{\partial x^\alpha}\right)\\ & + D q'_{\alpha\beta\gamma}q'^{\alpha\beta\gamma}+E\left(\frac{\partial q'_{\alpha\beta\gamma}}{\partial x^\gamma}\right)\left(\frac{\partial q'_{\alpha\beta\varepsilon}}{\partial x^\varepsilon}\right)\\ & + F\left(\frac{\partial q'_{\alpha\beta\gamma}}{\partial x^\delta}-\frac{\partial q'_{\delta\alpha\beta}}{\partial x^\gamma}+\frac{\partial q'_{\gamma\delta\alpha}}{\partial x^\beta}-\frac{\partial q'_{\beta\gamma\delta}}{\partial x^\alpha}\right)\left(\frac{\partial q'_{\alpha\beta\gamma}}{\partial x^\delta}-\ldots\right).\end{aligned}$$

En posant

$$A=\frac{K^2}{2}, \quad B=0, \quad C=\frac{1}{4}, \quad D=\frac{K^2}{2}, \quad E=0 \quad \text{et} \quad F=\frac{1}{8},$$

le lagrangien obtenu est celui qui donne les équations du photon de M. L. de Broglie ([2]) et les équations (3,3) correspondantes peuvent être

([2]) q_α définit alors les grandeurs maxwelliennes et $q'_{\alpha\beta\gamma}$ les grandeurs non maxwelliennes. Cf. L. DE BROGLIE, Cours professé à la Sorbonne, 1937-1938.

considérées comme les équations canoniques du champ du photon. Par un procédé analogue on obtient les équations canoniques du champ du mésoton et du champ électromagnétique de Maxwell.

GÉODÉSIE. — *Mesures de l'intensité de la pesanteur en France pendant l'année* 1938. Note (¹) de M. **Raoul Goudey**, présentée par M. Georges Perrier.

Le tableau suivant donne les valeurs de l'intensité de la pesanteur en 59 stations françaises : la plupart sont situées en Bretagne et complètent le réseau entrepris par le R. P. Lejay.

Les mesures ont été effectuées au moyen des trois gravimètres Holweck-Lejay, nos 52, 518*bis* et 651.

Ce tableau est conforme aux prescriptions de l'Association internationale de Géodésie. Les altitudes sont exactes à mieux que 5^m près, sauf celles qui, indiquées en italiques, proviennent d'un nivellement barométrique unique.

Les valeurs de g publiées ici sont rapportées aux stations de référence :

	Paris.	Besançon.	Toulouse.
g..........	980,943	980,750	980,437

ces deux dernières valeurs ont été déterminées, cette année, avec l'appareil de Mioni.

La correction de Bouguer a été calculée avec la densité uniforme de 2,7; la correction topographique n'a pas été effectuée.

(¹) Séance du 9 janvier 1939.

Stations.	Lat.	Long. Greenwich.	Alt.	Date.	g.	g_0.	g''_0.	Formule de Helmert (1901). γ_0.	$g_0-\gamma_0$.	$g''_0-\gamma_0$.	Formule internationale (1930). γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	Emplacement.
	° ′	° ′	m	1938	g	g	g	g	mg	mg	g	mg	mg	
Saint-Brieuc.......	48.30,8	2.45,9 W	75	5 sept.	980,950	980,973	980,964	980,933	+40	+31	980,946	+27	+18	Cathédrale.
Tréguier..........	48.47,2	3.13,9 W	33	6 »	980,989	980,999	980,995	980,958	+41	+37	980,970	+29	+25	Cathédrale.
Lannion...........	48.44,0	3.27,7 W	17	7 »	980,961	980,966	980,964	980,953	+13	+11	980,966	0	— 2	Église Saint-Jean du Baly.
Guingamp.........	48.33,7	3. 9,3 W	81	7 »	980,937	980,962	980,953	980,938	+24	+15	980,950	+12	+ 3	Église.
Keramanac'h.......	48.33,8	3.29,8 W	170	8 »	980,905	980,958	980,939	980,938	+20	+ 1	980,950	+ 8	—11	Chapelle.
Morlaix...........	48.34,8	3.45,6 W	13	8 »	980,957	980,961	980,959	980,939	+22	+20	980,952	+ 9	+ 7	Église (viaduc).
Saint-Pol-de-Léon..	48.41,2	3.59,3 W	42	9 »	980,956	980,969	980,964	980,949	+20	+15	980,961	+ 8	+ 3	Cathédrale.
Le Folgoet.........	48.33,8	4.20,1 W	84	9 »	980,944	980,970	980,960	980,938	+32	+22	980,950	+20	+10	Église.
Daoulas...........	48.21,8	4.16,0 W	30	10 »	980,957	980,966	980,963	980,920	+46	+43	980,932	+34	+31	Église.
Pleyben...........	48.13,7	3.58,3 W	128	11 »	980,923	980,963	980,948	980,908	+55	+40	980,920	+43	+28	Église.
Quimper..........	47.59,8	4. 6,2 W	7	12 »	980,902	980,904	980,903	980,887	+17	+16	980,900	+ 4	+ 3	Cathédrale.
Ploaré............	48. 5,2	4.19,3 W	81	12 »	980,909	980,934	980,925	980,895	+39	+30	980,908	+26	+17	Église.
Penmarc'h.........	47.49,4	4.20,5 W	10	13 »	980,879	980,882	980,881	980,871	+11	+10	980,884	— 2	— 3	Église.
Quimperlé.........	47.52,5	3.32,6 W	7	14 »	980,878	980,880	980,879	980,876	+ 4	+ 3	980,889	— 9	—10	Église Sainte-Croix.
Gourin............	48. 8,4	3.36,7 W	158	14 »	980,895	980,944	980,926	980,900	+44	+26	980,912	+32	+14	Église.
Huelgoat..........	48.21,8	3.44,7 W	175	15 »	980,908	980,962	980,942	980,920	+42	+22	980,932	+30	+10	Église.
Carhaix...........	48.16,7	3.34,7 W	140	15 »	980,912	980,955	980,939	980,912	+43	+27	980,925	+30	+14	Église.
Callac............	48.24,4	3.25,9 W	172	16 »	980,913	980,966	980,947	980,924	+42	+23	980,936	+30	+11	Église.
Corlay............	48.19,0	3. 3,6 W	186	16 »	980,904	980,961	980,940	980,915	+46	+25	980,928	+33	+12	Église.
Lignol............	48. 2,4	3.16,4 W	133	17 »	980,859	980,900	980,885	980,891	+ 9	— 6	980,903	— 3	—18	Église.
Pontivy...........	48. 3,8	2.58,2 W	58	18 »	980,894	980,912	980,905	980,893	+19	+12	980,906	+ 6	— 1	Église Saint-Joseph.
Locminé...........	47.53,4	2.50,1 W	34	19 »	980,870	980,881	980,877	980,877	+ 4	0	980,890	— 9	—13	Chapelle Notre-Dame.
Vannes...........	47.39,7	2.45,9 W	19	20 »	980,865	980,871	980,869	980,857	+14	+12	980,869	+ 2	0	Collège Jules-Simon.
Serent............	47.49,4	2.30,6 W	72	20 »	980,857	980,879	980,871	980,871	+ 8	0	980,884	— 5	—13	Église.
Josselin...........	47.57,4	2.32,8 W	56	21 »	980,878	980,895	980,889	980,883	+12	+ 6	980,896	— 1	— 7	Église.
Plélan-le-Grand....	48. 0,4	2. 6,2 W	137	22 »	980,878	980,920	980,904	980,888	+32	+16	980,900	+20	+ 4	Église.
Rennes............	48. 6,7	1.41,1 W	35	23 »	980,913	980,924	980,920	980,897	+27	+23	980,910	+14	+10	Cathédrale.
Janzé.............	47.57,8	1.29,7 W	84	24 »	980,893	980,919	980,909	980,884	+35	+25	980,897	+22	+12	Église.
Messac............	47.49,7	1.48,3 W	28	25 »	980,882	980,891	980,888	980,872	+19	+16	980,884	+ 7	+ 4	Église.
Redon.............	47.39,1	2. 5,2 W	14	26 »	980,845	980,849	980,847	980,856	— 7	— 9	980,868	—19	—21	Église.
Candé............	47.33,6	1. 2,6 W	50	28 »	980,850	980,865	980,859	980,847	+18	+12	980,860	+ 5	— 1	Église.
Châteaurenault....	47.35,5	1.54,7 E	96	29 »	980,828	980,858	980,847	980,850	+ 8	— 3	980,863	— 5	—16	Église.

Stations.	Lat.	Long. Greenwich.	Alt.	Date.	g.	g_0.	g''_0.	Formule de Helmert (1901). γ_0.	$g_0-\gamma_0$.	$g''_0-\gamma_0$.	Formule internationale (1930). γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	Emplacement.
	° ′	° ′	m	1938	g	g	g	g	mg	mg	g	mg	mg	
Aubenas..........	44.36,9	4.23,2 E	307	20 juill.	980,503	980,598	980,563	980,581	+17	−18	980,595	+ 3	−32	Église.
Les Vans..........	44.24,2	3. 8,0 E	170	20 »	980,516	980,569	980,550	980,562	+ 7	−12	980,576	− 7	−26	Église.
Grisolles..........	43.49,6	1.17,6 E	112	30 »	980,478	980,513	980,500	980,510	+ 3	−10	980,524	−11	−24	Église.
Limogne..........	44.23,8	1.46,2 E	305	1er août	980,497	980,591	980,556	980,561	+30	− 5	980,575	+16	−19	Église.
Saint-Céré..........	44.51,6	1.42,1 E	151	2 »	980,560	980,607	980,590	980,603	+ 4	−13	980,617	−10	−27	Église.
Souillac..........	44.53,7	1.28,6 E	95	2 »	980,581	980,610	980,599	980,606	+ 4	− 7	980,620	−10	−21	Église.
Le Bugue..........	44.55,3	0.55,5 E	59	3 »	980,590	980,608	980,601	980,609	− 1	− 8	980,622	−14	−21	Église.
Verteillac..........	45.21,0	0.21,9 E	131	4 »	980,620	980,661	980,646	980,648	+13	− 2	980,661	0	−15	Église.
Nontron..........	45.31,8	0.40,1 E	*215*	4 »	980,612	980,678	980,654	980,664	+14	−10	980,677	+ 1	−23	Église.
Lussac-les-Châteaux.	46.24,3	0.43,5 E	109	6 »	980,720	980,754	880,742	980,743	+11	− 1	980,756	− 2	−14	Église.
Mirebeau-en-Poitou.	46.47,2	0.10,8 E	152	7 »	980,755	980,802	980,785	980,778	+24	+ 7	980,791	+11	− 6	Église.
Saumur..........	47.15,6	0. 4,4 W	37	8 »	980,800	980,812	980,808	980,820	− 8	−12	980,833	−21	−25	Église Saint-Pierre.
Vieil-Baugé..........	47.32,0	0. 7,1 W	58	8 »	980,837	980,855	980,848	980,845	+10	+ 3	980,858	− 3	−10	Église.
Laval..........	48. 3,7	0.45,9 W	49	9 »	980,892	980,907	980,901	980,893	+14	+ 8	980,905	+ 2	− 4	Notre-Dame d'Avesnières.
Rennes..........	48. 6,6	1.40,3 W	27	10 août et 22 sept.	980,911	980,919	980,916	980,897	+22	+19	980,910	+ 9	+ 6	Université.
Dinard..........	48.37,6	2. 3,5 W	29	11 et 27 août	980,947	980,956	980,953	980,943	+13	+10	980,956	0	− 3	Église.
Dinan..........	48.27,4	2. 2,8 W	83	11 août	980,914	980,940	980,931	980,928	+12	+ 3	980,941	− 1	−10	Église Saint-Malo.
Tinteniac..........	48.19,6	1.50,1 W	54	12 »	980,928	980,945	980,939	980,916	+29	+23	980,929	+16	+10	Église.
Bazouges..........	48.25,6	1.34,8 W	107	12 »	980,917	980,950	980,938	980,925	+25	+13	980,938	+12	0	Église.
Dol..........	48.33,2	1 45,5 W	16	13 »	980,953	980,958	980,956	980,937	+21	+19	980,950	+ 8	+ 6	Cathédrale.
Saint-James..........	48.31,5	1.19,2 W	*106*	30 »	980,927	980,960	980,948	980,934	+26	+14	980,947	+13	+ 1	Église.
Fougères..........	48.21,1	1.12,4 W	136	31 »	980,902	980,944	980,929	980,919	+25	+10	980,931	+13	− 2	Église Saint-Léonard.
Vitré..........	48. 7,4	1.12,4 W	102	1er et 24 sept.	980,887	980,919	980,907	980,898	+21	+ 9	980,911	+ 8	− 4	Église.
La Guerche..........	47.56,6	1.13,7 W	76	2 sept.	980,894	980,917	980,908	980,882	+35	+26	980,895	+22	+13	Église.
Merdrignac..........	48.11,7	2.24,9 W	151	3 »	980,902	980,949	980,932	980,905	+44	+27	980,917	+32	+15	Église.
Loudéac..........	48.10,6	2.45,2 W	162	3 »	980,894	980,944	980,926	980,903	+41	+23	980,916	+28	+10	Église.
Moncontour..........	48.21,7	2.37,9 W	136	4 »	980,897	980,939	980,924	980,920	+19	+ 4	980,932	+ 7	− 8	Église.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les équations électromagnétiques de la théorie du photon.* Note (¹) de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans la théorie de M. Louis de Broglie (²), le photon est représenté par un système de 16 fonctions d'ondes Φ_{ik} (i, k = 1, 2, 3, 4) satisfaisant simultanément aux deux systèmes d'équations aux dérivées partielles suivants [équations (I) et (II) de M. Louis de Broglie], où nous avons écrit ∂_t pour $1/c\,\partial/\partial_t$, ∂_p pour $\partial/\partial x_p$,

$$(1)\qquad \partial_t \Phi_{ik} = [\Sigma_p \partial_p (\alpha_p)_{il}\delta_{km} + \varkappa\mu_0 c(\alpha_4)_{il}\delta_{km}]\,\Phi_{lm},$$

$$(2)\qquad \partial_t \Phi_{ik} = [\Sigma_p \partial_p (\alpha_p)^{\star}_{km}\delta_{il} - \varkappa\mu_0 c(\alpha_4)^{\star}_{km}\delta_{il}]\,\Phi_{lm}.$$

Les 16 fonctions Φ_{ik} peuvent être considérées comme les éléments d'une matrice carrée du quatrième rang. Or on sait que toute matrice carrée du quatrième rang peut se développer sur un système complet de 16 matrices hermitiques γ^μ ($\mu = 1, 2, \ldots, 16$), dérivé d'un système de quatre matrices hermitiques α^p, α^4 (p = 1, 2, 3) telles que $\alpha^i\alpha^j + \alpha^j\alpha^i = 2\,\delta_{ij}$. La matrice des solutions des équations (1) et (2) pourra donc se développer suivant

$$(3)\quad \Phi_{ik} = \sum_{\lambda\,\mu}^{16} (\gamma^\mu)_{ik}\Phi^\mu = \delta_{ik}\Phi^0 + \Sigma_p(\alpha^p)_{ik}\Phi^p + (\alpha^4)_{ik}\Phi^4 + \Sigma_p(i\alpha^p\alpha^4)_{ik}\Phi^{p4}$$
$$+ \Sigma_{pq}(i\alpha^p\alpha^q)_{ik}\Phi^{pq} + \Sigma_{pq}(i\alpha^p\alpha^q\alpha^4)_{ik}\Phi^{pq4} + (i\alpha^p\alpha^q\alpha^r)_{ik}\Phi^{pqr} + (\alpha^1\alpha^2\alpha^3\alpha^4)_{ik}\Phi^{1234}.$$

La conservation de Φ_{ik} par permutation de deux α montre que la permutation de deux indices consécutifs dans un des Φ^{pq}, Φ^{p4}, Φ^{pq4}, Φ^{pqr} ou Φ^{1234} change le signe de ce coefficient.

Réciproquement, nous tirons Φ^μ en multipliant (3) par $(\gamma^\mu)_{ki}$ et en prenant la trace de l'expression obtenue d'où

$$4\Phi^\mu = \Sigma_k(\gamma^\mu)_{ki}\Phi_{ik}.$$

Si nous reportons l'expression (3) de Φ_{ik} dans les équations (1) et (2), nous obtenons

$$(1')\qquad \Sigma_\mu\,\partial_t(\gamma^\mu)_{ik}\Phi^\mu = \Sigma_\mu[\Sigma_p\partial_p(\alpha^p\gamma^\mu)_{ik} + \varkappa\mu_0 c(\alpha^4\gamma^\mu)_{ik}]\Phi^\mu,$$

$$(2')\qquad \Sigma_\mu\,\partial_t(\gamma^\mu)_{ik}\Phi^\mu = \Sigma_\mu[\Sigma_p\partial_p(\gamma^\mu\alpha^p)_{ik} - \varkappa\mu_0 c(\gamma^\mu\alpha^4)_{ik}]\Phi^\mu.$$

(¹) Séance du 9 janvier 1939.

(²) *Nouvelles Recherches sur la lumière*, Paris, 1936.

Le système (2′) diffère du système (1′) par la permutation des γ^μ et des α et par le signe du terme en μ_0.

Nous obtiendrons un système de relations entre Φ^μ équivalent aux systèmes (1′) et (2′) en multipliant successivement ces relations par les 16 matrices $(\gamma^\mu)_{ki}$ et en prenant les traces des équations obtenues.

Les relations obtenues à partir du système (2′) se déduisent simplement de celles obtenues à partir du système (1′) en remarquant que le terme en ∂_p sera inchangé si γ^μ commute avec α^p, changé de signe s'il anticommute et le contraire pour le terme en μ_0.

On obtient ainsi les deux systèmes que nous écrivons simultanément, le premier signe étant celui du système déduit de (1′), le second celui du système déduit de (2′) :

$$\partial_t\Phi^0 = \Sigma_p\,\partial_p\Phi^p \pm \varkappa\mu_0 c\,\Phi^4, \qquad \partial_t\Phi^p = \partial_p\Phi^0 \mp i\,\partial_q\Phi^{pq} \pm i\,\partial_r\Phi^{rp} - i\varkappa\mu_0 c\,\Phi^{p4},$$
$$\partial^t\Phi^4 = \pm\,\Sigma_p\, i\,\partial_p\Phi^{p4} \pm \varkappa\mu_0 c\,\Phi^0, \qquad \partial_t\Phi^{qr} = \partial_p\Phi^{pqr} \mp i\,\partial_q\Phi^r \pm i\,\partial_r\Phi^q \pm \varkappa\mu_0 c\,\Phi^{qr4},$$
$$\partial_t\Phi^{p4} = \mp i\,\partial_p\Phi^4 + \partial_q\Phi^{pq4} - \partial_r\Phi^{pr4} + \varkappa\mu_0 c\, i\Phi^p,$$
$$\partial_t\Phi^{pqr} = \partial_p\Phi^{qr} + \partial_q\Phi^{rp} + \partial_r\Phi^{pq} + \varkappa\mu_0 c i\,\Phi^{1234},$$
$$\partial_t\Phi^{pq4} = \partial_p\Phi^{q4} - \partial_q\Phi^{p4} \mp i\,\partial_r\Phi^{1234} \pm \varkappa\mu_0 c\,\Phi^{pq},$$
$$\partial_t\Phi^{1234} = \pm i\,\partial_p\Phi^{qr4} \pm i\,\partial_q\Phi^{rp4} \pm i\,\partial_r\Phi^{qp4} - \varkappa\mu_0 c i\,\Phi^{pqr}.$$

Par addition et soustraction ces 32 équations donnent 16 équations de type *non électromagnétique* et 15 équations électromagnétiques que nous écrivons seulement

$$\partial_t\Phi^0 = \Sigma_p\,\partial_p\Phi^p, \qquad \partial_t\Phi^p - \partial_p\Phi^0 = \frac{2\pi}{h}\mu_0 c\,\Phi^{p4}, \qquad \Sigma_p\,\partial_p\Phi^{p4} + \frac{2\pi}{h}\mu_0 c\,\Phi^0 = 0,$$
$$\partial_q\Phi^r - \partial_r\Phi^q = \frac{2\pi}{h}\mu_0 c\,\Phi^{qr4}, \qquad \partial_t\Phi^{p4} = \partial_q\Phi^{qp4} - \partial_r\Phi^{pr4} - \frac{2\pi}{h}\mu_0 c\,\Phi^p,$$
$$\partial_t\Phi^{pq4} = \partial_p\Phi^{q4} - \partial_q\Phi^{p4}, \qquad \partial_p\Phi^{qr4} + \partial_q\Phi^{rp4} + \partial_r\Phi^{pq4} = 0.$$

Si nous posons maintenant

$$\Phi^0 = \lambda V, \qquad \Phi^p = -\lambda A^p, \qquad \frac{2\pi}{h}\mu_0 c\,\Phi^{p4} = \lambda E^p, \qquad \frac{2\pi}{h}\mu_0 c\,\Phi^{pq4} = \lambda H^r,$$
$$\Phi^{pq} = \sigma^r, \qquad \Phi^{pqr} = \sigma^0, \qquad \Phi^4 = I^1, \qquad \Phi^{1234} = I^2,$$

nous obtenons les systèmes maxwellien et non maxwellien de M. L. de Broglie

$$\partial_t V + \operatorname{div}\vec{A} = 0, \qquad E^p = -\partial_t A^p - \partial_p A^0, \qquad H^p = \partial_q A^r - \partial_r A^q,$$
$$\partial_t E^p = \partial_q H^r - \partial_r H^q + \frac{4\pi^2}{h^2}\mu_0^2 c^2 A^p, \qquad -\partial_t H^r = \partial_p E^q - \partial_q E^p,$$
$$\operatorname{div}\vec{E} + \frac{4\pi^2}{h^2}\mu_0^2 c^2 A^0 = 0, \qquad \operatorname{div}\vec{H} = 0;$$

et

$$\mu_0 c I^1 = 0, \qquad \partial_t I^1 = 0, \qquad \partial_p I^1 = 0, \qquad \partial_q \sigma^r - \partial_r \sigma^q = 0,$$

$$\partial_t \sigma^p = \partial_p \sigma^0, \qquad \partial_t \sigma^0 = \operatorname{div} \vec{\sigma} - \frac{2\pi}{h} \mu_0 c I^2,$$

$$\partial_r I^2 = \frac{2\pi}{h} \mu_0 c \sigma^r, \qquad \partial_t I^2 = \frac{2\pi}{h} \mu_0 c \sigma^0.$$

Réciproquement, posant $K = 1/4\lambda$, V, $\vec{A}$, $\vec{E}$ et $\vec{H}$ s'expriment en Φ_{ik} par

$$V = K \Sigma_k \delta_{ki} \Phi_{ik}, \qquad A^p = - K \Sigma_k (\alpha^p)_{ki} \Phi_{ik},$$

$$E^p = K \frac{2\pi}{h} \mu_0 c \Sigma_k (i \alpha^p \alpha^4)_{ki} \Phi_{ik}, \qquad H^p = - K \frac{2\pi}{h} \mu_0 c \Sigma_k (i \alpha^q \alpha^r \alpha^4)_{ki} \Phi_{ik}.$$

CHANGEMENTS D'ÉTAT. — *Détermination, sous pression de 1 à 11000 kg/cm², d'un isotherme du tétrahydrure de naphtaline passant de l'état liquide à l'état solide.* Note [1] de M. **James Basset**, présentée par M. Charles Fabry.

Le réseau des isothermes de la phase liquide-vapeur a été établi pour un grand nombre de corps. Il n'en est pas de même des isothermes de la phase liquide-solide sous pression dont l'établissement soulève de grandes difficultés expérimentales par suite des très hautes pressions qu'il est nécessaire d'atteindre pour obtenir le changement d'état liquide-solide et de la précision des mesures à exécuter sous pression pour déceler nettement les paliers de changement d'état.

L'appareillage pour la recherche aux ultra-pressions déjà décrit [2], complété par un manomètre permettant la mesure très précise des pressions nous a permis de rechercher un liquide permettant de déterminer aisément, au voisinage de la température ambiante, un réseau d'isothermes solide-liquide sous pression. Nous avons choisi le tétrahydrure de naphtaline, qui présente avec une grande netteté, et d'une façon bien réversible, le phénomène étudié, et qui permet de déterminer avec précision le palier de solidification.

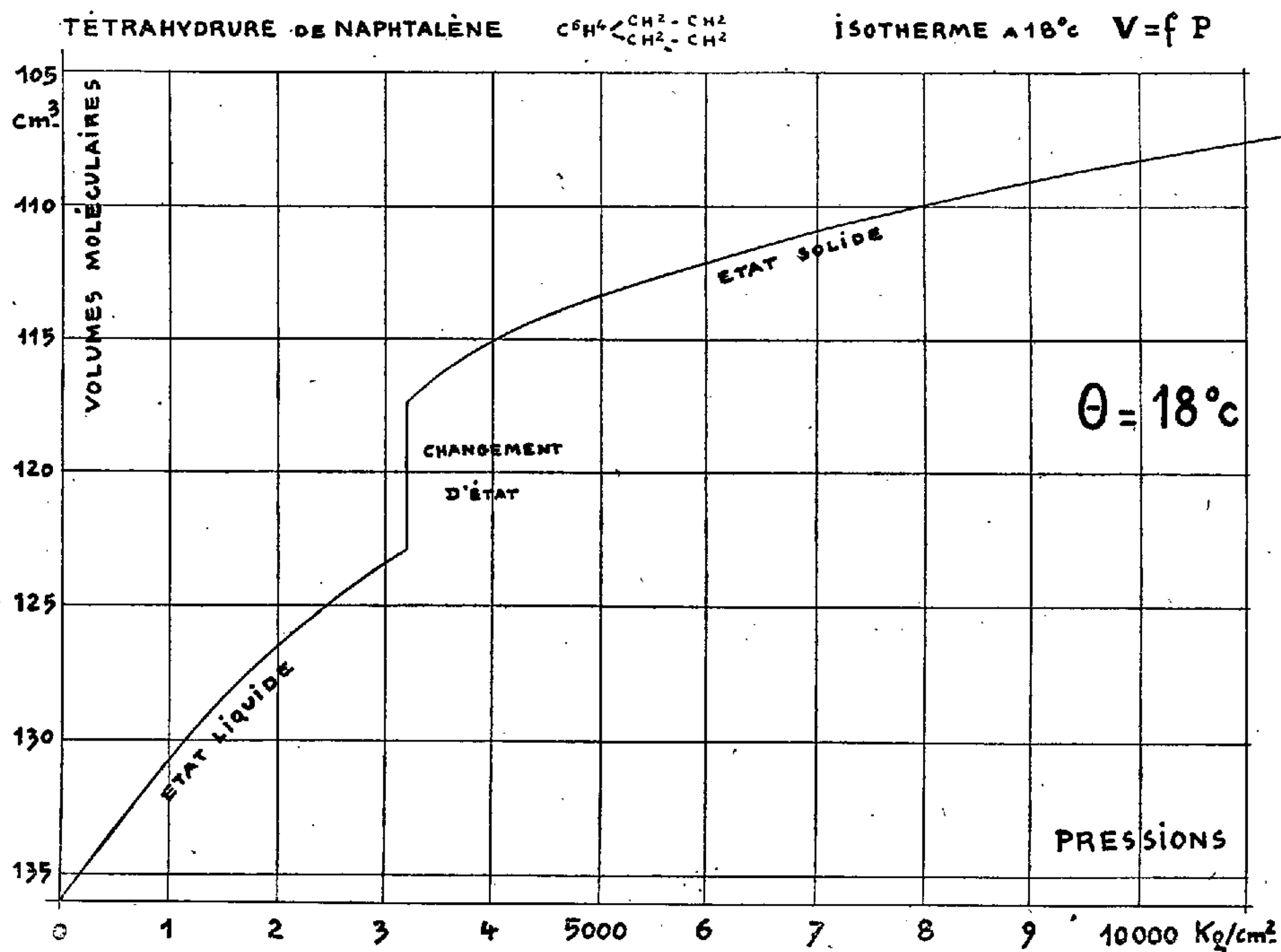
Le graphique ci-après représente l'isotherme à 18° du changement d'état liquide à l'état solide de ce corps lorsque la pression varie depuis la pression atmosphérique jusqu'à 11000 kg/cm².

---

(1) Séance du 9 janvier 1939.

(2) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 928, et **185**, 1927, p. 344.

Le palier de solidification montre une contraction de 4,47 pour 100, le volume d'une molécule passant, à la pression de 3200 kg/cm², de 122,9 cm³ à 117,4 cm³; ce changement d'état correspondant à une augmentation



d'énergie interne de 0,412 Cal-kg par molécule de tétraline, soit 3,13 Cal-kg par kilogramme de matière.

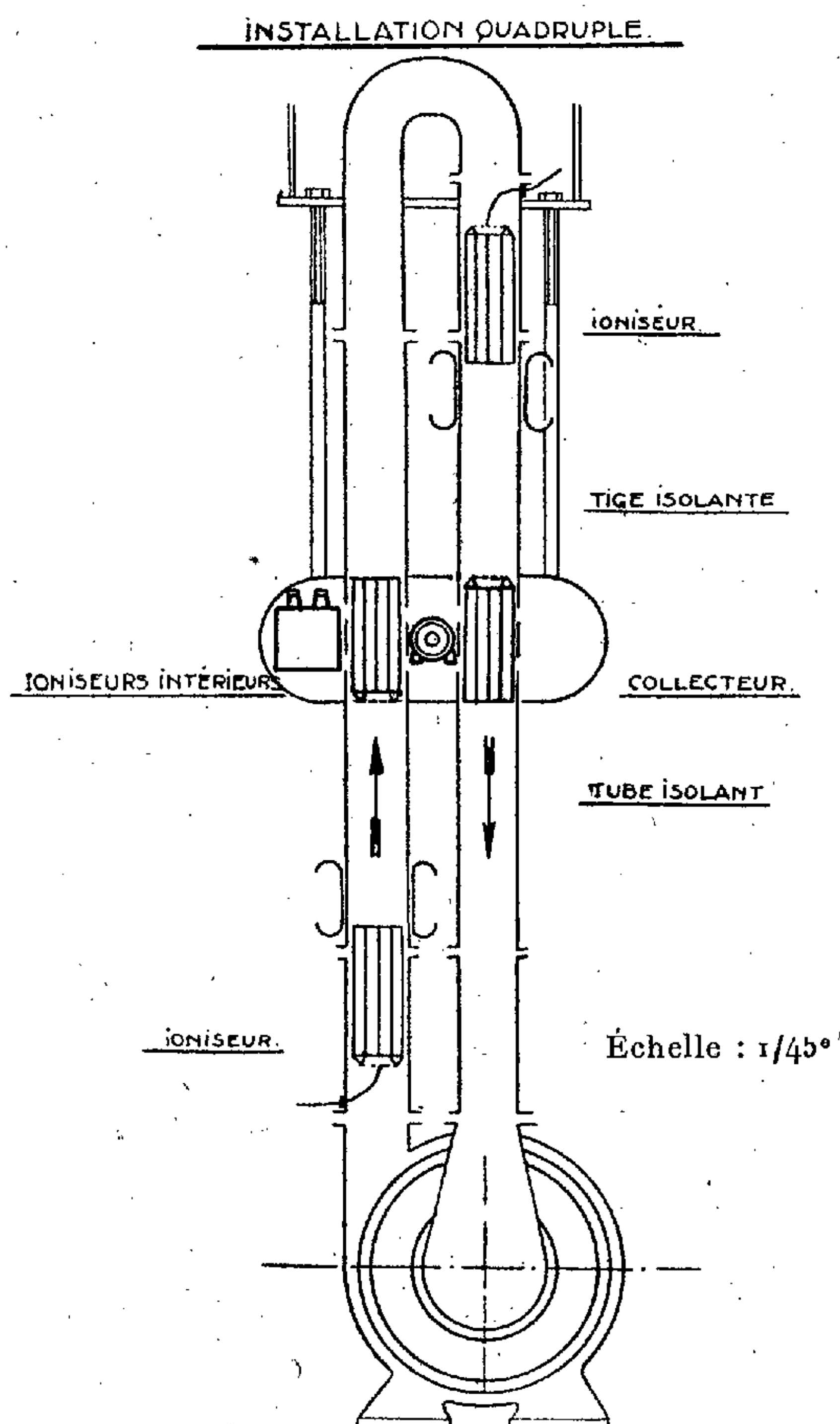
Nous nous proposons d'établir un réseau complet des isothermes de ce genre et de déterminer la pression et la température critique du système solide-liquide de ce corps.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la réalisation d'un générateur à haute tension et à grand débit.* Note (¹) de M. **André Raskin**, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons déjà exposé les perfectionnements que nous avons apportés au générateur de haute tension type Pauthenier (²). Dans cette nouvelle

(¹) Séance du 9 janvier 1939.
(²) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1884.

Note, nous indiquerons brièvement comment nous avons encore augmenté le débit électrique, tout en conservant exactement le même circuit aérodynamique. Nous avons placé à l'intérieur du collecteur un ioniseur dans chaque canalisation traversée par la poussière (voir la figure); ces ioniseurs sont



alimentés par un générateur de courant continu à 20000 volts, se trouvant à l'intérieur de la sphère; cette source de courant continu comprend une petite commutatrice de 200 watts, actionnée par un moteur, extérieur au collecteur, par l'intermédiaire d'un arbre isolant. Le circuit à courant continu de la commutatrice fonctionne en dynamo shunt et sert à produire l'excitation nécessaire à la partie alternative; un transformateur de 110-20000 volts est branché sur celle-ci et la haute tension est redressée au moyen d'un contact tournant calé en bout d'arbre sur la commutatrice. Les deux ioniseurs intérieurs à la sphère sont connectés de manière à charger

la poussière avec le signe contraire à celui du collecteur, de sorte que cette charge, emportée par la poussière, contribue à augmenter le débit électrique de la machine.

Les quatre ioniseurs étant en place dans la canalisation, en faisant fonctionner les ioniseurs extérieurs seuls, qui ont 35cm de longueur, nous avons obtenu un débit de 600 microampères. Dans les mêmes conditions, les ioniseurs intérieurs seuls, qui ont 25cm seulement, fournissent un débit de 400 microampères. Lorsque l'on fait fonctionner les quatre ioniseurs simultanément, on obtient 800 microampères, et non 1 milliampère, parce que les ioniseurs intérieurs ne sont pas assez longs pour assurer convenablement la charge des poussières après les avoir déchargées : lorsque nous pourrons placer des ioniseurs plus longs, dans un collecteur de dimensions plus grandes, nous obtiendrons sans aucun doute un débit de 1 milliampère.

Signalons qu'au point de vue mécanique l'installation fonctionne d'une manière parfaite, sans aucune vibration, et que la tension obtenue, limitée seulement par l'exiguïté du local où se trouve actuellement la machine, est encore de 400000 volts.

IONISATION DES GAZ. — *Sur une particularité de l'air ionisé par les rayons X.* Note de MM. **Georges Reboul** et **Frantz Perrier**, présentée par M. Aimé Cotton.

Il est généralement admis que, lorsqu'un faisceau de rayons X agit sur l'air, l'ionisation produite disparaît presque instantanément avec la cause ionisante, la recombinaison étant complète peu de secondes après que les rayons ont cessé d'agir; or ce n'est pas tout à fait exact et il est facile de montrer que la modification apportée dans les gaz par le passage des rayons X persiste en partie pendant plusieurs heures.

Un faisceau de rayons X, produit par un tube *roburix* alimenté par une tension de 50 kilovolts, traverse pendant quelques minutes de l'air, à la température et à la pression ordinaires, placé dans une cage d'ionisation d'assez grand volume (10 litres), la tension aux armatures restant nulle tant qu'agissent les rayons. Si, après que l'action ionisante a cessé, on applique un champ extracteur, on constate qu'il y a courant; ce courant est naturellement d'autant plus intense que le champ a été établi plus rapidement, mais il est encore appréciable si le champ n'est établi que plusieurs heures après que l'on a supprimé le faisceau.

L'expérience montre que tout se passe comme s'il y avait production, sous l'action des rayons X, d'ions de faible mobilité et se recombinant très lentement; la lenteur de leur recombinaison permet de suivre leur évolution et de faire l'étude quantitative du phénomène.

Le nombre de ces ions augmente d'abord avec la durée d'exposition de l'air aux rayons X, passe par un maximum atteint au bout de quelques minutes d'action des rayons, puis décroît.

Après qu'on a supprimé les rayons X et en l'absence de champ, le nombre des ions diminue suivant une formule hyperbolique pendant deux ou trois heures.

Le phénomène s'explique aisément en admettant que, sous l'action des rayons X, il se produit de *gros ions* analogues à ceux que Langevin a trouvés dans l'atmosphère et dont il a indiqué le processus de formation. Cependant ces *gros ions* ne paraissent pas se former sur des molécules ionisées quelconques, mais sur des centres privilégiés dont le nombre varie avec les diverses conditions expérimentales; ces centres privilégiés ne sont d'ailleurs pas des poussières, car la filtration de l'air introduit dans l'appareil ne fait pas disparaître le phénomène et l'introduction volontaire de poussières (fumées par exemple) en diminue considérablement la grandeur au lieu de l'augmenter.

Le dispositif expérimental que nous avons utilisé permet de déceler des ionisations très faibles; le nombre des *gros ions* dont il s'agit ici est environ un million de fois plus petit que celui des ions ordinaires que produit dans l'air le passage du même faisceau de rayons X.

MAGNÉTISME. — *Désaimantations adiabatiques à partir de températures obtenues avec l'hydrogène solide.* Note de MM. **Nicolas Kürti**, **Paul Lainé** et **Franz Simon**, présentée par M. Aimé Cotton.

Pour la production de très basses températures par désaimantation adiabatique de sels paramagnétiques on a utilisé jusqu'à présent, comme point de départ, des températures du domaine de l'hélium liquide. Ceci tient à ce qu'avec des températures initiales plus élevées la méthode magnétique devient moins efficace. D'une part l'aimantation isotherme et la diminution d'entropie qui l'accompagne sont des fonctions de H/T, de sorte qu'aux températures plus élevées un champ plus intense est nécessaire pour produire le même changement d'entropie; d'autre part l'entropie du réseau,

qui, dans le domaine de l'hélium liquide, est petite ou même négligeable par rapport aux changements d'entropie de nature magnétique, s'accroît rapidement avec la température suivant la loi en T^3 de Debye; il en résulte que les abaissements relatifs de température T_f/T_i (T_f = température finale, T_i = température initiale) qui, à partir du domaine de l'hélium liquide, sont constants pour une valeur donnée du champ initial, deviennent de plus en plus petits.

En l'absence de déterminations directes de l'entropie du réseau on ne pouvait pas, au moment où les mesures relatées ici furent faites, estimer les températures que l'on obtiendrait en désaimantant de l'alun de fer à partir des températures de l'hydrogène solide. Il nous avait donc paru utile de réaliser, au cours des expériences que nous avons faites par la méthode magnétique avec l'Électroaimant de l'Académie des sciences (1), quelques désaimantations de ce genre.

Nous avons utilisé un comprimé ellipsoïdal d'alun de fer ammoniacal pesant 75g. Le récipient entourant l'échantillon contenait de l'hydrogène solide s'évaporant, sous basse pression, à une température de 8°,5K. Le tableau suivant donne les températures finales T_f atteintes à partir de 8°,5K et les valeurs correspondantes du champ initial H_i (2).

H_i (kilogauss)...	18,2	21,6	24,3	28,8
T^o_f K...........	5,5	4,2	2,3	0,36

On voit qu'avec un champ initial de 29 kilogauss on atteint 0°,36 K, c'est-à-dire qu'on arrive à franchir la région de l'hélium liquide avec un seul étage de refroidissement magnétique (3). Le tableau montre en outre que, pour atteindre des températures inférieures à 1° K, il faut des champs intenses. Il serait donc avantageux de travailler avec des échantillons plus petits permettant l'emploi d'entrefers plus faibles; nous indiquerons, à titre d'exemple, que l'Électroaimant de Bellevue, muni de ses pièces polaires de 60mm de diamètre, avec un entrefer de 40mm

(1) M. Kürti, P. Lainé et F. Simon, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 675 et 754.

(2) Les mesures directes de l'entropie du réseau de l'alun de fer, faites récemment par M. Bleaney à Oxford, permettent de calculer ces températures finales et nous trouvons un accord satisfaisant avec les résultats expérimentaux.

(3) Il ne serait naturellement pas possible de refroidir ou de liquéfier des quantités appréciables d'hélium en utilisant de semblables désaimantations, à moins qu'on ne construise un appareil à fonctionnement périodique.

($H = 42$ kilogauss), permettrait de refroidir environ 20 grammes d'alun de fer de la température de 8°,5 K à celle de 0°,15 K [4].

En somme, il nous semble que des désaimantations, à partir des températures de l'hydrogène solide, pourraient jouer un rôle pratique dans les laboratoires possédant un électroaimant puissant. Il est relativement facile de se procurer de l'hydrogène liquide, et, puisqu'on se passerait d'hélium liquide, l'appareil et toute l'installation deviendraient particulièrement simples. A côté d'expériences au-dessous de 1° K, de pareilles désaimantations permettraient la mesure de chaleurs spécifiques dans la région intermédiaire entre celle de l'hydrogène solide et celle de l'hélium liquide. En faisant une série de désaimantations avec un sel paramagnétique mis en contact thermique avec la substance à étudier et en comparant les températures ainsi atteintes avec celles qu'on obtiendrait avec le sel paramagnétique seul, on pourrait déduire directement l'entropie et la chaleur spécifique de la substance en question.

MAGNÉTISME. — *Relations entre point de Curie, le moment orbital et le réseau cristallin.* Note de M. **Robert Forrer**, transmise par M. Pierre Weiss.

J'ai montré [1] qu'on peut considérer le moment élémentaire des alliages comme composé d'un moment de base, dû au spin, et d'un moment supplémentaire, dû à l'orbite. Cette conception a trouvé une certaine vérification par le fait qu'une valeur limite des phénomènes gyromagnétiques, calculée avec les données provenant de la discussion des alliages, constitue en effet une limite des valeurs expérimentales [2].

On peut encore justifier cette décomposition du moment élémentaire d'une autre manière. On peut montrer que dans les deux séries d'alliages des Co-Ni et des Fe-Ni qui cristallisent dans le réseau du cube à faces centrées, le point de Curie ne dépend que de la valeur du moment supplémentaire, qu'il est donc indépendant de la grandeur du moment de spin.

En effet, si l'on porte le point de Curie en fonction du moment supplémentaire, trois courbes provenant de séries d'alliages différentes se super-

---

(4) Une substance avec des ions magnétiques plus concentrés et par conséquent un rapport plus favorable de l'entropie magnétique à celle du réseau pourrait donner encore de meilleurs résultats.

(1) *Comptes rendus,* 207, 1938, p. 1091.

(2) *Comptes rendus,* 207, 1938, p. 1390.

posent. A cause de la relation $\theta = F\sqrt{N}$ ([3]), où N est le nombre des interactions orbitales et F leur intensité, on obtient une représentation équivalente en portant (avec $F = 301$) N en fonction du moment supplémentaire μ_x (voir figure 1). On obtient alors une relation linéaire

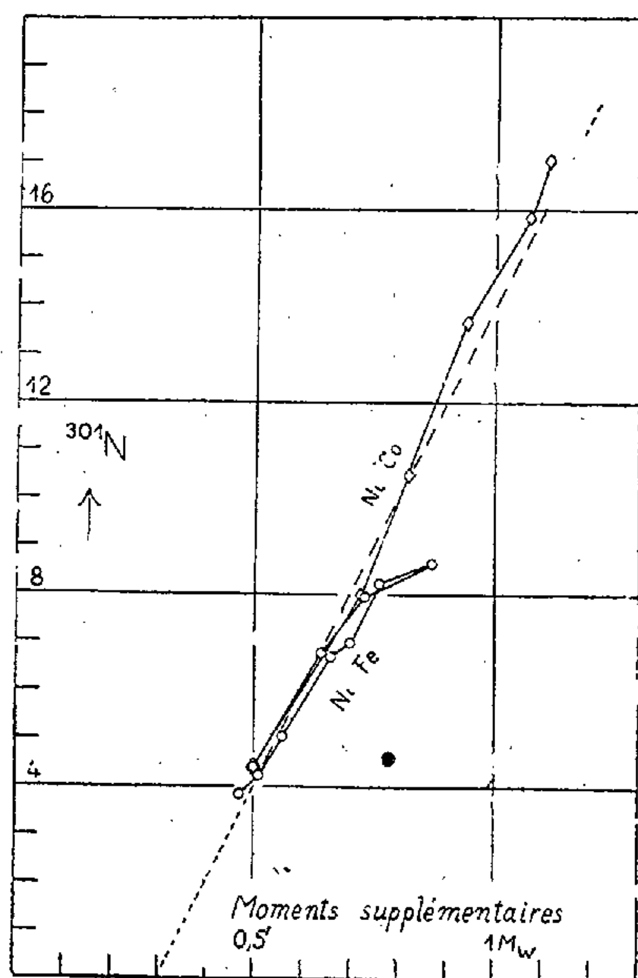


Fig. 1.

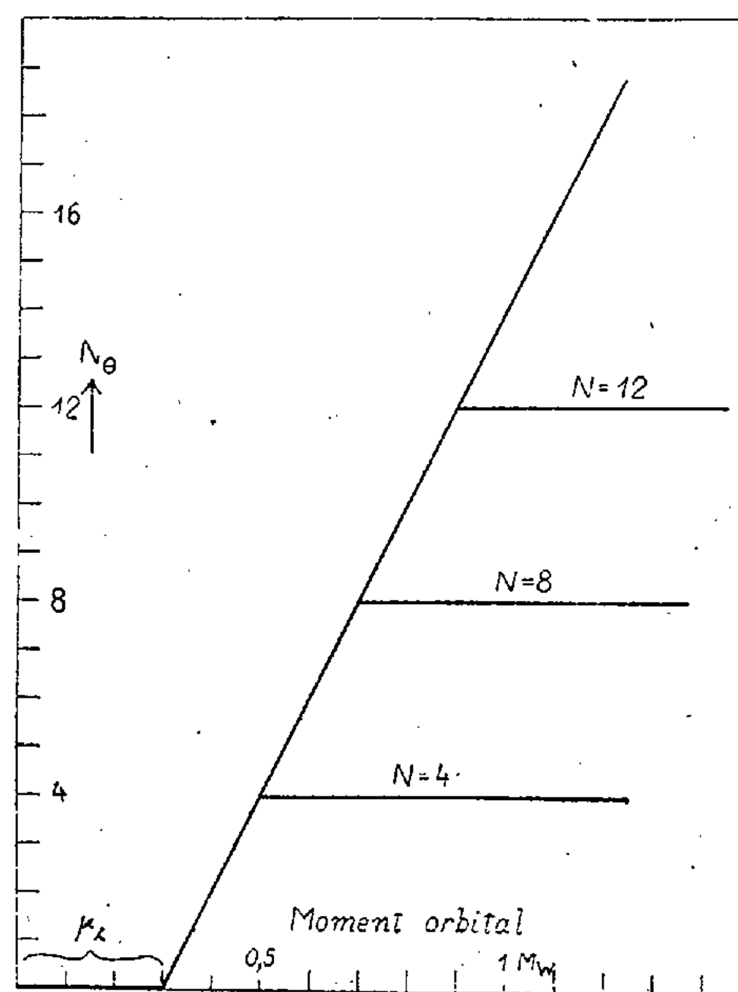


Fig. 2.

entre N et μ_x, de la forme $N = (\mu_x - \mu_c) N_c$, où μ_c est un petit moment constant sans action sur θ et N_c le nombre des interactions pour un magnéton de Weiss ($N_c = 20$).

Dans ces alliages le point de Curie dépend donc essentiellement du moment orbital.

Cet énoncé semble contredire les conclusions anciennes ([3]), d'après lesquelles le nombre N des interactions est en relation avec le nombre des voisins à distance efficace. D'après le tableau suivant :

	Substance.	θ.	F.	N.	V.
$N = 2V$	Fe	770°	301	12	6
	Co	1130	287	24	12
	$FeBe^2$	522	281	8	4
	FeS	329	301	4	2
$N < 2V$	Ni	357	315	4	12
	MnAs	38	311	1	1

([3]) *J. de Phys.*, 4, 1933, p. 109, 186, 427 et 501.

où V est le nombre des voisins à distance efficace, on établit en effet la relation $N \leq 2V$.

En réalité *deux conditions* limitent le nombre des interactions.

D'une part, quand le nombre V des voisins est grand et le moment supplémentaire insuffisant pour satisfaire tous les voisins au moyen de deux interactions, c'est le moment supplémentaire seul qui détermine N et par conséquent le point de Curie θ. Ceci est précisément le cas dans les alliages cités du nickel où V est égal à 12.

D'autre part, quand le moment orbital est grand, c'est alors le nombre des voisins à distance efficace qui détermine N ou θ par la relation $N = 2V$ [4].

On peut réunir ces deux conditions dans un même graphique (voir figure 2), en portant comme dans la figure 1 la droite $N = (\mu_x - \mu_c) N_c$ et en représentant par des lignes horizontales les limites de N données par $N = 2V$ ($N = 4$, 8, 12 par exemple, pour $V = 2$, 4, 6).

MAGNÉTISME. — *Chaleur spécifique et fluctuations du champ moléculaire.* Note de M. **Louis Néel**, transmise par M. Pierre Weiss.

Au point de vue théorique [1], la chaleur spécifique à volume constant du nickel est la somme de plusieurs termes : 1° un terme normal constant correspondant à 6 degrés de liberté; 2° un terme dû à l'anharmonicité des vibrations, mal connu, d'ordre de grandeur 0,1 R/2 J à 400° C.; 3° un terme électronique provenant de l'influence de la température sur la répartition des électrons dans les zones de Brillouin; 4° un terme magnétique provenant des interactions entre spin, c'est-à-dire du champ moléculaire.

Le troisième terme, à basse température, est proportionnel à la température absolue et, à haute température, tend vers une limite qui dépend de la forme de la bande $3d$. Dans les régions où l'aimantation spontanée varie, ce terme subit une variation rapide et compliquée produite par le changement corrélatif dans la répartition des électrons. Pour une bande rectangulaire [2], avec $J = 1/2$ et 0,6 porteur par atome (nickel), la valeur limite 1,2 R/2J est atteinte dès que le point de Curie est dépassé.

---

(4) Dans certains cas la symétrie du réseau semble limiter N à un plus petit nombre. Voir par exemple MnAs, MnP, où $N = V$.

(1) Voir par exemple Mott et Jones, *Properties of Metal and Alloys*, Oxford, 1936.

(2) Néel, *Bull. Soc. franç. Phys.*, n° 421, 1938, p. 104 S.

D'autres hypothèses plausibles donnent des valeurs qui varient lentement avec la température.

Le quatrième terme, selon la théorie de Weiss ([3]), est proportionnel à la dérivée par rapport à la température du carré de l'aimantation spontanée. Il est nul au-dessus du point de Curie θ. Quand on tient compte, en deuxième approximation, des fluctuations du champ moléculaire ([4]), la variation devient plus compliquée et notamment la discontinuité précédente au point θ est remplacée par un arrondi. Il subsiste au-dessus de θ un excès de chaleur spécifique qui diminue rapidement quand on s'éloigne de θ. J'ai calculé autrefois ([5]), à l'aide de données purement magnétiques, cet excès *e*. Avec 0,6 porteur par atome on obtient les valeurs :

t(°C.)	558,3.	507,9.	463,1.	432,5.	413,6.	399,2.
e (R/2J)	0,012	0,019	0,029	0,055	0,103	0,144
t(°C.)	388,9.	380,5.	373,8.	367,4.	361,1.	355,9.
e (R/2J)	0,194	0,310	0,391	0,514	0,665	0,840

Comme on le voit, cet excès est important, il varie rapidement avec la température et doit pouvoir être mis en évidence expérimentalement, car la somme des trois premiers termes de la chaleur spécifique est à variation lente et faible dans l'intervalle de température envisagé.

Au point de vue expérimental, en se bornant aux mesures de chaleur spécifique vraie (celles de chaleur moyenne ne sont pas assez précises en l'espèce) les résultats se classent en deux groupes : d'un côté Mme Lapp ([6]) trouve une discontinuité brusque conforme à la théorie de Weiss sans fluctuations; d'un autre côté, Sucksmith et Potter ([7]), Klinkhardt ([8]), Grew ([9]), Ahrens ([10]) trouvent un arrondi favorable à l'hypothèse des fluctuations. J'ai repris les mesures avec une précision accrue ([11]) et je trouve également un arrondi.

Pour comparer la théorie à l'expérience, j'ai calculé à partir de mes

([3]) Weiss et Beck, *J. de Physique*, 7, 1908, p. 249.
([4]) Néel, *Ann. de Phys.*, 17, 1932, p. 6.
([5]) Néel, *J. de Phys. et Rad.*, 5, 1934, p. 116.
([6]) *Ann. de Phys.*, 12, 1929, p. 442.
([7]) *Proc. Roy. Soc.*, A, 112, 1926, p. 157.
([8]) *Ann. der Physik*, 84, 1927, p. 167.
([9]) *Proc. Roy. Soc.*, A, 145, 1934, p. 509.
([10]) *Ann. der Physik*, 21, 1934, p. 169.
([11]) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1384.

mesures, en unités R/2J, la chaleur spécifique atomique ramenée à volume constant, au moyen des termes correctifs déterminés par Mme Lapp (*loc. cit.*), et je la compare dans le tableau ci-dessous aux valeurs théoriques déduites du tableau précédent, en supposant que dans cet intervalle de température la somme des trois premiers termes de la chaleur spécifique pouvait être prise constante et égale à $7,22 \times R/2J$.

$t°$	540,1.	487,7.	457,2.	456,8.	425,8.	410,6.	395,2.	390,2.
c observé	7,27	7,28	7,28	7,26	7,33	7,34	7,40	7,40
c calculé	7,23	7,24	7,25	7,25	7,29	7,33	7,38	7,42
$t°$	386,5.	378,1.	376,1.	371,1.	368,6.	365,2.	363,6.	361,3.
c observé	7,45	7,54	7,52	7,58	7,57	7,82	7,78	7,95
c calculé	7,45	7,55	7,58	7,66	7,70	7,78	7,81	7,88

L'accord est satisfaisant. Il n'en faut certes rien conclure relativement au terme électronique, qui en tout état de cause varie peu dans l'intervalle considéré, mais l'accord observé possède toute sa signification quant au terme de fluctuations dont la variation est rapide : la théorie proposée (4)(5) reçoit ainsi une nouvelle confirmation. La comparaison ne peut malheureusement pas être poursuivie au-dessous du point de Curie, car le calcul de l'influence des fluctuations sur l'ensemble des termes magnétique et électronique est inextricable.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur les propriétés de la phtaléine du phénol vitreuse*. Note de M. **Édouard Rencker**, présentée par M. Charles Fabry.

On prépare facilement la phtaléine de phénol vitreuse par refroidissement brusque de ce corps préalablement fondu. La viscosité augmente rapidement quand la température s'abaisse et l'on obtient une substance vitreuse légèrement colorée en jaune, cette coloration étant peut-être due à un début de décomposition. J'ai reproduit sur ce verre les études de trempe et de recuit que j'avais réalisées précédemment sur le verre d'anhydride borique.

Comme dans mes recherches précédentes (1), les dilatomètres à tige utilisés sont formés de deux parties en cristal, un réservoir et une tige capilaire réunis par un bouchon rodé qui permet l'introduction de petits

---

(1) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 980 et 1396.

morceaux de phtaléine de phénol. Ils sont ensuite remplis dans le vide de mercure distillé.

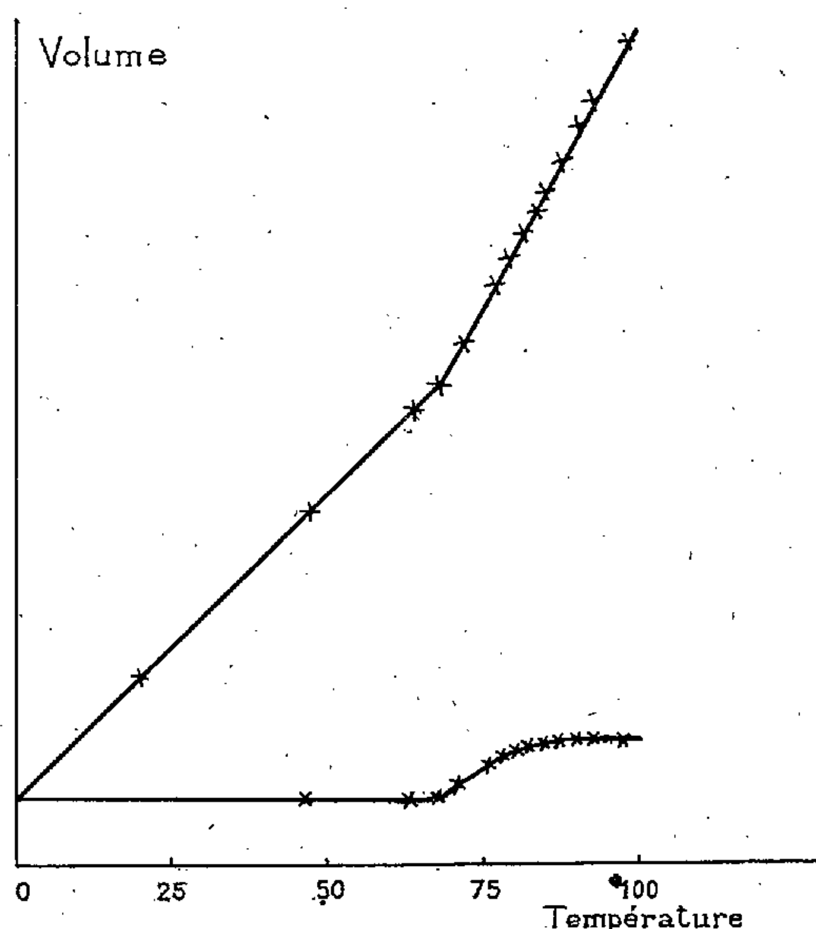
J'ai d'abord observé, comme dans le cas de l'anhydride borique, que le volume du composé vitreux dépend à température constante du traitement thermique antérieur. Toutefois, à chaque température, le volume tend, en fonction du temps, asymptotiquement vers une valeur fixe indépendante du traitement antérieur. Si le dilatomètre est porté d'abord dans un thermostat à liquide réglé à la température t à 0,1 degré près, le volume du verre évolue alors en fonction du temps jusqu'à ce qu'il atteigne une valeur fixe que j'ai appelée « volume du verre recuit à la température t ». Si l'on porte ensuite le dilatomètre dans un thermostat à la température t', le niveau du mercure varie à température constante quelquefois pendant plusieurs jours et tend asymptotiquement vers le niveau qui correspond au volume du verre recuit à la température t'. Suivant que t' est supérieur ou inférieur à t, il y a augmentation ou diminution de volume. On observe en somme un phénomène d'hystérésis pour la dilatation. La durée de l'évolution diminue très vite quand la température augmente. L'étude de cette variation de volume à température constante est facile à faire entre 67 et 80° environ. Pour les températures plus élevées, la vitesse d'évolution devient très grande et difficilement mesurable.

Au-dessous de 67°, le phénomène d'hystérésis ne se produit que si le verre a été préalablement recuit à une température supérieure à 67°. On peut donc dire que le verre recuit à une température inférieure à 67° est recuit également pour toute température inférieure à 67°.

Nous avons vu qu'au bout d'une période d'évolution plus ou moins longue suivant la température (plusieurs mois sont nécessaires à la température ordinaire), le volume de la phtaléine du phénol vitreuse tend à chaque température vers une valeur indépendante des état antérieurs. C'est ce volume qui a été porté en unités arbitraires en fonction de la température sur le graphique ci-joint (courbe supérieure). En réalité, on a porté les niveaux du mercure dans la tige capillaire. Sur ce graphique, la température de 67° est marquée par un point anguleux.

La courbe inférieure sur le graphique représente la variation du volume à 0° du verre trempé en fonction de la température à laquelle on l'avait recuit avant la trempe. Cette trempe était réalisée en retirant rapidement le dilatomètre du thermostat pour le plonger dans l'eau à la température ordinaire. Ici encore, la température de 67° joue un rôle primordial; c'est

la température maxima à partir de laquelle on peut tremper la phtaléine de phénol vitreuse recuite primitivement à basse température sans



Volume final du verre en fonction de la température (courbe supérieure). Volume à 0° du verre trempé en fonction de la température du recuit précédant la trempe (courbe inférieure).

modifier ses propriétés. Si cette température a été dépassée, le verre présente un résidu de dilatation; la valeur maxima de ce résidu est atteinte pour 86° environ et elle reste constante au-dessus de cette température.

Cette étude sur la phtaléine du phénol a été menée exactement de la même façon que celle que j'avais précédemment réalisée sur le verre d'anhydride borique. Elle conduit aux mêmes résultats. Seuls changent le domaine de température intéressant et les vitesses d'évolution à température constante qui sont beaucoup plus élevées pour la phtaléine. Par ailleurs, ces résultats expérimentaux s'accordent parfaitement avec ceux qu'à obtenus Mme Winter-Klein (²) par des méthodes de recherches différentes sur des verres d'optique. Ceci confirme une fois de plus l'analogie que présentent les propriétés physiques de tous les composés définis ou mélanges vitreux.

(²) *Thèse*, Paris, 1938; *Revue d'Optique théorique et instrumentale*, 15, 1936, p. 281.

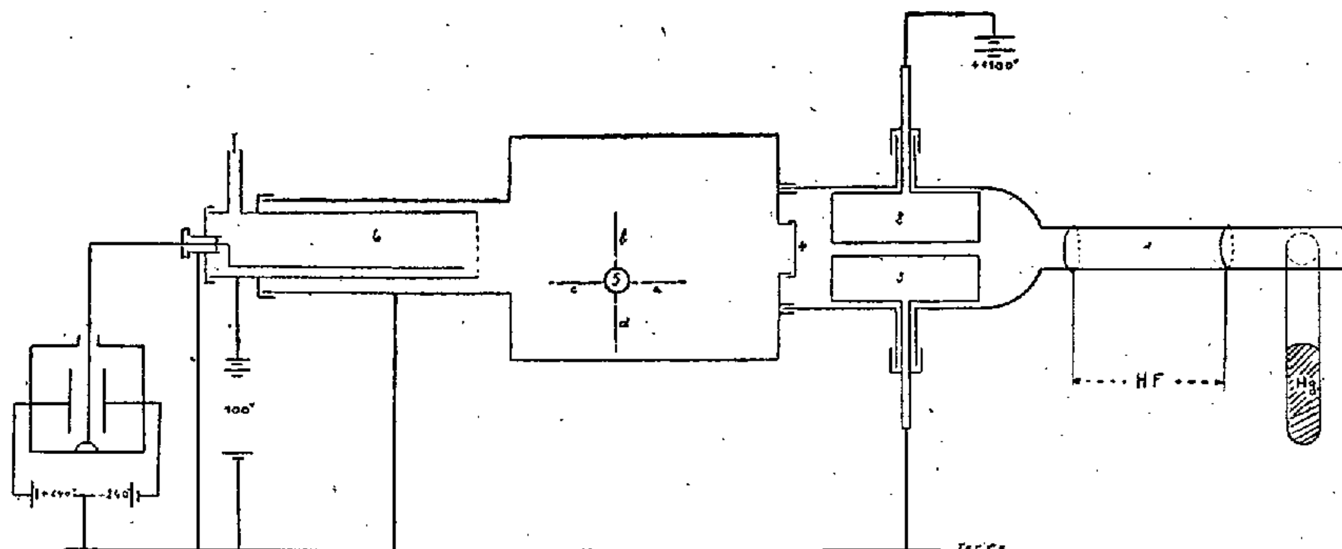
RAYONS X. — *Contribution à l'étude des radiations X émises dans la décharge entre électrodes extérieures en ondes entretenues.* Note ([1]) de M. L. GROVEN, présentée par M. Maurice de Broglie.

Lorsqu'on applique aux deux électrodes entourant un tube contenant un gaz raréfié une différence de potentiel oscillante entretenue, le gaz émet des radiations s'étendant jusque dans le domaine des rayons X. Je donne dans cette Note les résultats que j'ai obtenus avec la vapeur de mercure.

Les rayons X émis dans ce type de décharge sont susceptibles d'exciter la fluorescence du sulfure de zinc, ils exercent un effet photoélectrique sur une lame de laiton et sont capables d'ioniser le gaz d'une chambre d'ionisation. Ce dernier effet a été utilisé pour mesurer la dureté de ce rayonnement. J'ai déduit cette dureté de la mesure du coefficient d'absorption dans des feuilles métalliques minces. Jönsson (*Diss.*, Upsala, 1928) a donné pour toute une série de métaux les valeurs de ce coefficient d'absorption en fonction de la longueur d'onde.

Pour effectuer ces mesures d'absorption, j'ai utilisé l'appareil représenté sur la figure ci-dessous.

La décharge est produite entre les électrodes (H. F.) dans le tube (1), la



vapeur de mercure provient d'une réserve (Hg) chauffée à température convenable, le tout étant relié à une canalisation à vide. Les électrons et les ions présents dans la décharge ont été éliminés à l'aide d'un piège électrostatique constitué par deux demi-cylindres de laiton (2, 3) distants de 2^{mm}, entre lesquels on établit une différence de potentiel. Le filtre est

([1]) Séance du 9 janvier 1939.

efficace lorsqu'en augmentant la différence de potentiel, le courant d'ionisation mesuré à l'électromètre reste constant. La lame métallique mince (4) peut également arrêter des particules électrisées et évite l'altération des filtres absorbants par la vapeur de mercure. Un petit porte-écrans (5) tournant dans un rodage permet d'intercaler un des quatre écrans (a, b, c, d) sur le trajet des rayons X. Ces derniers arrivent enfin dans la chambre d'ionisation (6).

Les précautions prises pour éviter la présence de particules électrisées d'une part, la puissance relativement faible (50 watts) de l'émetteur d'autre part, font que le courant d'ionisation produit par les rayons X est très faible.

J'ai trouvé un coefficient d'absorption correspondant à une longueur d'onde de 5,7 Å. Les coefficients d'absorption mesurés pour le cuivre et l'argent donnent, aux erreurs d'expérience près, des valeurs correspondant à cette même longueur d'onde. D'autre part, cette longueur d'onde concorde avec $\lambda_{M\alpha_1} = 5,649$ Å et $\lambda_{M\beta_1} = 5,439$ Å mesurées par J. C. Karcher (*Phys. Rev.*, April 1920, p. 285).

Le coefficient d'absorption reste constant en réduisant l'intensité initiale dans le rapport 1/64. Dans ces limites le rayonnement apparaît donc comme étant homogène.

La longueur d'onde reste constante lorsque le diamètre du tube (1) varie de 5 à 30^{mm}.

De même la dureté reste constante lorsque la longueur d'onde d'excitation varie de 7 à 35^{m}.

Rapprochant progressivement les électrodes extérieures, la dureté reste constante jusqu'à une certaine distance limite. Pour des distances plus petites que cette distance limite, il y a un accroissement brusque de la dureté qui ensuite reste à nouveau constante ($\lambda = 3,5$ Å).

Lorsque le tube (1) où a lieu la décharge est rempli d'air, le rayonnement émis n'est plus capable de donner un courant d'ionisation dans l'appareil que j'ai utilisé.

En résumé, le rayonnement émis dans la décharge entre électrodes extérieures en ondes entretenues par un gaz raréfié s'étend jusque dans le domaine des rayons X. Ce rayonnement semble être constitué en majeure partie par le rayonnement caractéristique de la substance étudiée.

J'ai étudié cette émission pour d'autres corps et je poursuis parallèlement l'étude au spectrographe de ces rayons.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la constitution des solutions d'iodure de cadmium. Obtention du spectre Raman complet du cadmiotétraiodure.* Note (1) de Mlle **Marie-Louise Delwaulle**, MM. **Félix François** et **Joseph Wiemann**, transmise par M. Robert Lespieau.

Une étude (2) sur la constitution des solutions d'iodure de cadmium, nous a montré l'influence sur le spectre Raman de ces solutions, d'une part, du pouvoir dissociant du solvant, de l'autre de l'apport d'ions I^- réalisé par l'addition d'iodure alcalin très ionisé. Nous avons alors démontré : *a.* l'existence dans les solvants peu dissociants (alcools octylique etc., décylique) de molécules d'iodure de cadmium, seules décelées; *b.* celle d'un ion complexe formé aux dépens d'iodure de cadmium et d'ions I^- provenant, soit de la dissociation de l'iodure de cadmium lui-même, soit de l'addition d'iodure alcalin à ces solutions. L'attribution à cet ion complexe d'une seule fréquence Raman ne nous permettait pas d'en connaître la nature. La raie attribuable sans ambiguïté à l'iodure de cadmium dans les alcools supérieurs étant présente sur tous les clichés, nous avions pensé que l'iodure de cadmium existait dans toutes les solutions au moins à une faible concentration : la présence d'ions I^- en proportion élevée pouvant à la fois et favoriser la formation du complexe et empêcher la dissociation de l'iodure de cadmium.

Nous nous sommes proposé d'obtenir le spectre complet de l'ion complexe afin de pouvoir connaître sa constitution.

Nous avons soumis à l'expérience des solutions aussi concentrées que possible, ce qui nous a permis d'observer avec précision des raies très proches de l'excitatrice. Nous avons, de plus, afin de caractériser complètement chaque raie, mesuré au moyen d'un microphotomètre Moll son facteur de dépolarisation. Nous consignons ci-après nos résultats (la précision sur les pointés étant supérieure à celle que nous obtenions lors de notre précédent travail, le tableau ci-contre complète et rectifie légèrement les observations antérieures).

---

(1) Séance du 3 janvier 1939.
(2) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 186.

Solutions concentrées de CdI^2 *dans*

	Eau.	ρ.		Propanol-*n*.	ρ.	Butanol-*n*.	ρ.	Pentanol-*n*.	ρ.	Heptanol-*n*.	ρ.	Décanol-*n*.	ρ.
	36 F	6/7											
	44 F	6/7											
	116 F	# 0,1											
			ν_6	123 m		123 m		123 f		123 ff			
	144 f	> 0,7		142 F	# 0,15	142 F	# 0,15	142 F	# 0,15	142 F	# 0,16	142	# 0,15

Solutions dans les mêmes solvants en présence d'iodure alcalin.

Eau.	ρ.	Propanol-*n*.	ρ.	Butanol-*n*.	ρ.	Pentanol-*n*.	ρ.	Heptanol-*n*.	ρ.
36 F	6/7	36 F	6/7			36 F	6/7	36 F	6/7
44 F	6/7	44 F	6/7			44 F	6/7	44 F	6/7
116 F	# 0,1	116 F	# 0,1			116 F	# 0,1	116 F	# 0,1
144 f	> 0,7	144 f	> 0,7			144 f	> 0,7	144 f	> 0,7

Dans les alcools supérieurs, une seule raie presque complètement polarisée caractérise bien la présence de molécules linéaires du type AX^2 : on a donc bien affaire à de l'iodure de cadmium non dissocié.

Les solutions du seul iodure de cadmium dans les alcools propylique, heptylique présentent encore la fréquence $\nu_6 = 142\,cm^{-1}$, et la raie correspondante est toujours presque complètement polarisée.

Les solutions dans l'eau, qui ne comportent que de l'iodure de cadmium, et celles, soit dans l'eau, soit dans un alcool quelconque, qui comportent, en même temps que l'iodure de cadmium, un excès d'iodure alcalin, accusent une fréquence Raman $\nu_4\, 144\,cm^{-1}$ (bien voisine de 142), mais le facteur de dépolarisation est au moins 0,7. On ne saurait incriminer le solvant, dont la fixation éventuelle sur l'iodure de cadmium modifierait la symétrie de la molécule : pour les solutions d'iodure de cadmium dans les alcools amylique et heptylique, le facteur de dépolarisation de cette raie de l'ordre de 0,15 en l'absence d'iodure alcalin, est au moins égal à 0,7 en sa présence.

Dans tout milieu riche en ions I^- il n'existe donc plus de molécules intactes d'iodure de cadmium (tout au moins à une concentration décelable au moyen de l'effet Raman).

Le spectre Raman, qui est alors le même pour tout solvant, est caractérisé par

ν	36.	44.	116.	144.
$J = I + i$	13	15	10	1,5
$\rho = i/I$	6/7	6/7	0,1	> 0,7

Pour montrer qu'il s'agit d'un seul complexe, nous avons vérifié que les intensités relatives de ces quatre raies restent constantes si l'on fait varier dans de très larges limites le rapport CdI^2/MI (des iodures mis en jeu). Le tableau ci-dessus indique la valeur de ces intensités.

Ce spectre a toutes les caractéristiques de celui d'un édifice AX^4 du type $SnCl^4$; le complexe a donc la formule $(CdI^4)^{--}$; cet ion a la symétrie d'un

tétraèdre régulier dont les sommets seraient occupés par l'iode et le centre par le cadmium. La formule théorique est bien vérifiée (3) et l'on trouve les coefficients : $f = 0{,}61 \cdot 10^5$, $f' = 0{,}096 \cdot 10^5$, P étant sensiblement nul.

Les solutions d'iodure de cadmium dans les alcools propylique, amylique contiennent certainement de l'iodure de cadmium non dissocié, mais à côté de la raie ν 142 cm^{-1} très polarisée, on y observe une raie ν 123 cm^{-1} qui ne saurait appartenir qu'à un complexe moins iodé que $(CdI^4)^{--}$. Nous pourrions sans doute identifier ce complexe si nous disposions d'un spectrographe plus dispersif.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Suite de l'étude spectrophotométrique de l'hydrolyse lente des sels ferriques.* Note (1) de MM. **Joseph Cathala** et **Jean Cluzel**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons continué l'étude de l'hydrolyse lente des sels ferriques par la méthode spectrophotométrique déjà décrite (2) et présentons aujourd'hui

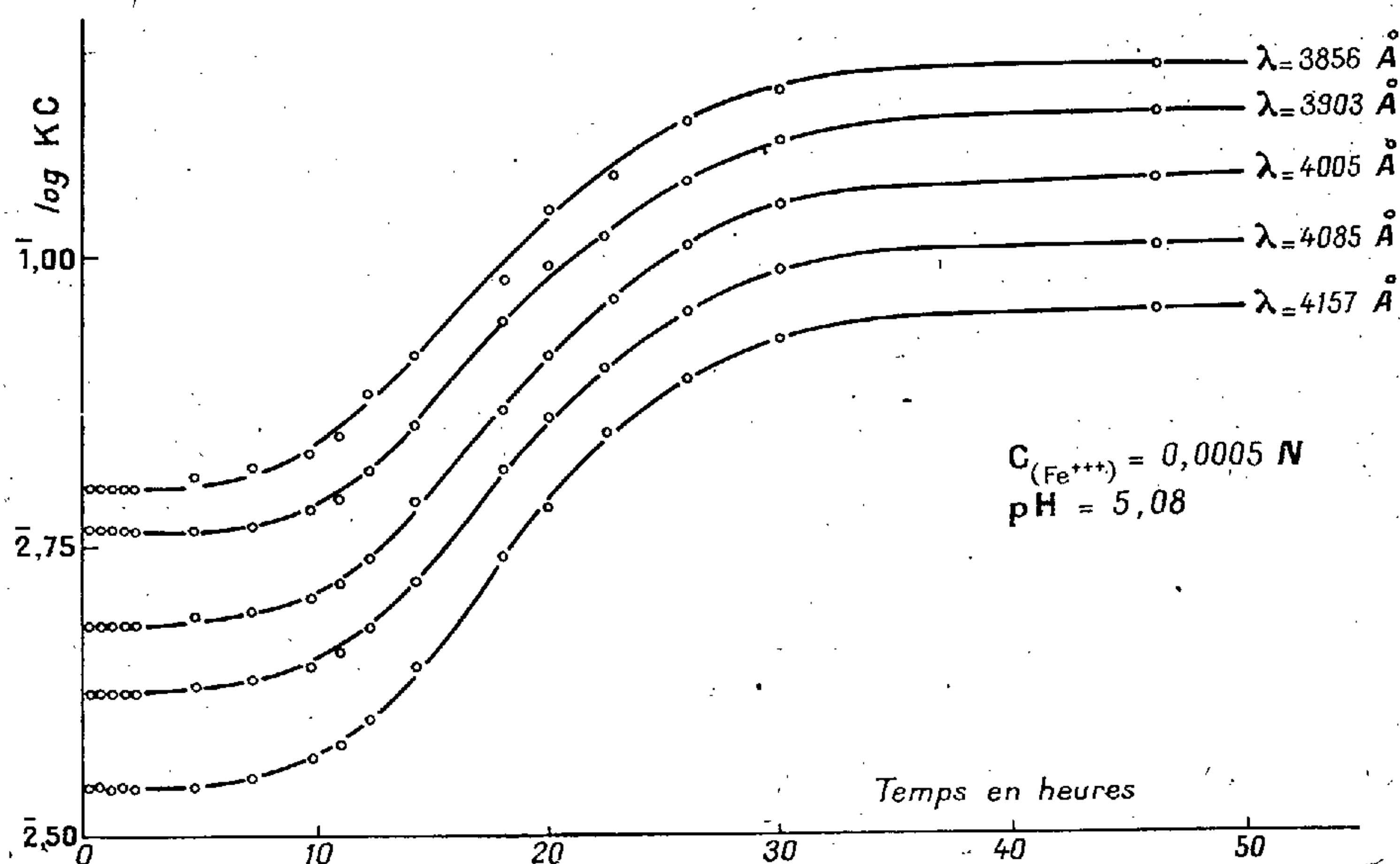


Fig. 1.

les résultats relatifs à des solutions de concentration 0,01 N ; 0,004 N ; 0,002 N ; 0,001 N et 0,0005 N pour des pH compris entre 4,70 et 6.

(3) Kohlrausch, *Smekal-Raman Effekt*, p. 218.

(1) Séance du 27 décembre 1938.

(2) J. Cathala et J. Cluzel, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 781.

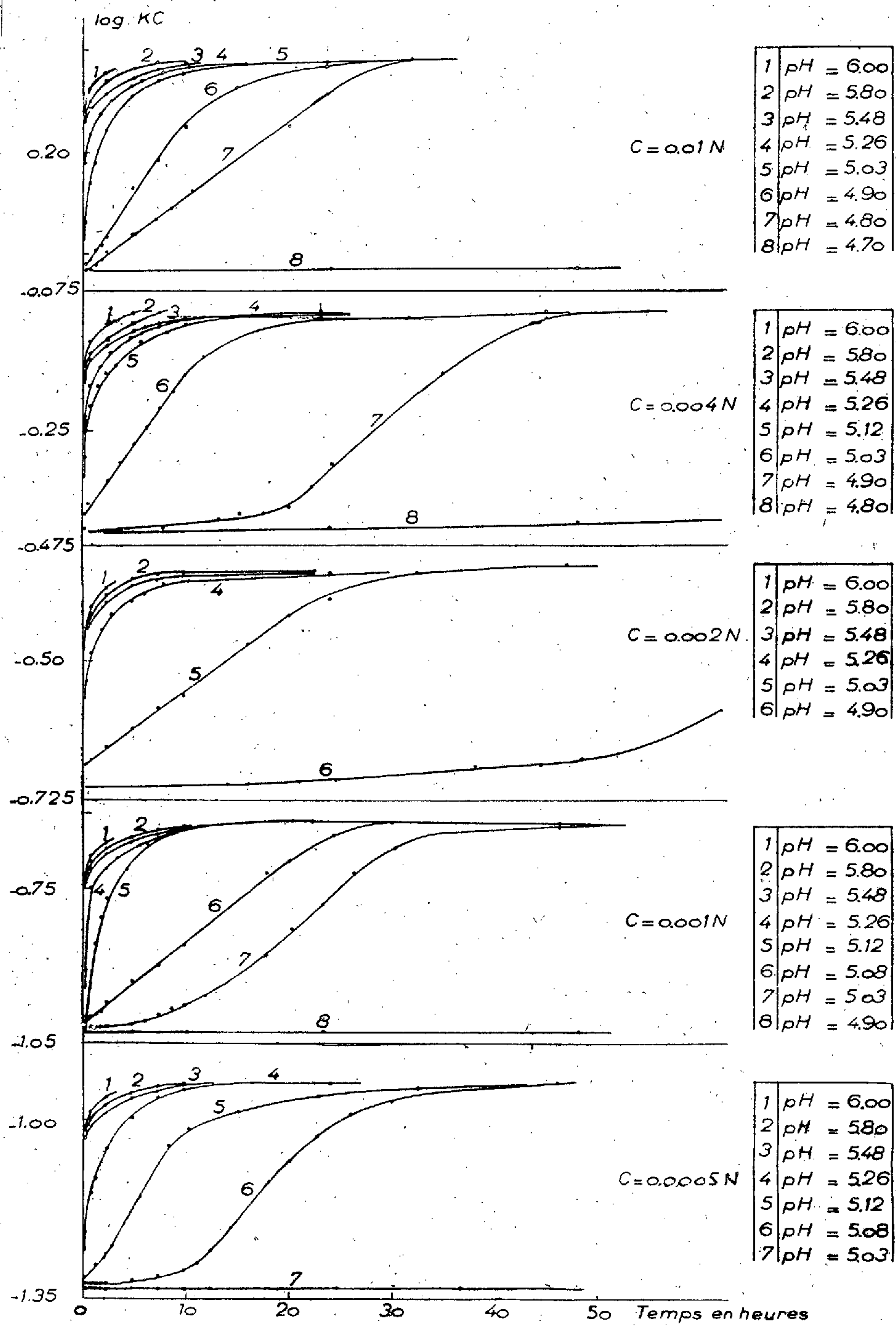

log KC
0.20
-0.075
-0.25
-0.475
-0.50
-0.725
-0.75
-1.05
-1.00
-1.35
C = 0.01 N
1 pH = 6.00
2 pH = 5.80
3 pH = 5.48
4 pH = 5.26
5 pH = 5.03
6 pH = 4.90
7 pH = 4.80
8 pH = 4.70
C = 0.004 N
1 pH = 6.00
2 pH = 5.80
3 pH = 5.48
4 pH = 5.26
5 pH = 5.12
6 pH = 5.03
7 pH = 4.90
8 pH = 4.80
C = 0.002 N
1 pH = 6.00
2 pH = 5.80
3 pH = 5.48
4 pH = 5.26
5 pH = 5.03
6 pH = 4.90
C = 0.001 N
1 pH = 6.00
2 pH = 5.80
3 pH = 5.48
4 pH = 5.26
5 pH = 5.12
6 pH = 5.08
7 pH = 5.03
8 pH = 4.90
C = 0.0005 N
1 pH = 6.00
2 pH = 5.80
3 pH = 5.48
4 pH = 5.26
5 pH = 5.12
6 pH = 5.08
7 pH = 5.03
0 10 20 30 40 50 Temps en heures

Fig. 2.

Nous nous sommes assurés dans tous les cas que toutes les courbes d'absorption en fonction du temps, pour diverses longueurs d'onde, sont rigoureusement superposables ; nous nous contentons de le montrer dans le cas de la solution 0,0005 N (*fig.* 1). Nous devons en conclure que la variation de l'absorption avec le temps ne peut résulter que des variations de concentration d'un seul composé. Ce résultat, établi maintenant pour 37 solutions absorbantes différentes, confirme celui que nous avions déjà obtenu dans l'étude de l'hydrolyse instantanée des sels ferriques ([3]).

Nous avons rassemblé (*fig.* 2) les courbes relatives aux variations en fonction du temps de l'absorption de chacune des solutions de nitrate ferrique étudiées, dans les limites de pH indiquées ci-dessus ; ces absorptions sont toutes relatives à $\lambda = 4005$ Å, pour une température de 25° C. Tandis que l'échelle des temps reste la même pour toutes nos courbes, nous avons dû, pour la commodité de la représentation, faire subir à certains faisceaux de courbes une translation verticale (log KC).

La simple inspection de ces courbes montre combien, pour une concentration donnée en ions Fe^{+++}, la variation de l'absorption en fonction du temps est sous la dépendance de l'acidité du milieu : le vieillissement est d'autant plus rapide que la solution est moins acide.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence du* pH *des solutions acides sur l'évolution en fonction du temps de la fragilité de décapage de l'acier extradoux recuit.* Note ([1]) de M. **Paul Bastien**, présentée par M. Léon Guillet.

La diminution de la capacité de déformation des aciers au cours du décapage, par diffusion d'ions hydrogène dans le métal, a été étudiée par divers expérimentateurs (Taussig, Bablik, Baukloh et Gehlen, Bardenheuer et ses collaborateurs, ...); par contre la variation après décapage de cette capacité de déformation dans des milieux de même nature que les solutions de décapage, semble avoir été laissée de côté malgré les analogies existant entre les deux phénomènes.

Nous avons vu ([2]) que l'augmentation dans le temps de la capacité de déformation de l'acier extradoux recuit, décapé, ou récupération, se faisait

([3]) J. Cathalà et J. Cluzel, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 401.

([1]) Séance du 3 janvier 1939.

([2]) P. Bastien, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 105.

d'une façon rapide et totale, si la fragilité initiale aussitôt après décapage n'excédait pas une valeur critique. Il nous a paru intéressant d'étudier, dans le domaine des fragilités pour lesquelles les phénomènes sont réversibles en milieu aqueux, l'apparition et la disparition de la fragilité de décapage dans des solutions acides de concentrations variées.

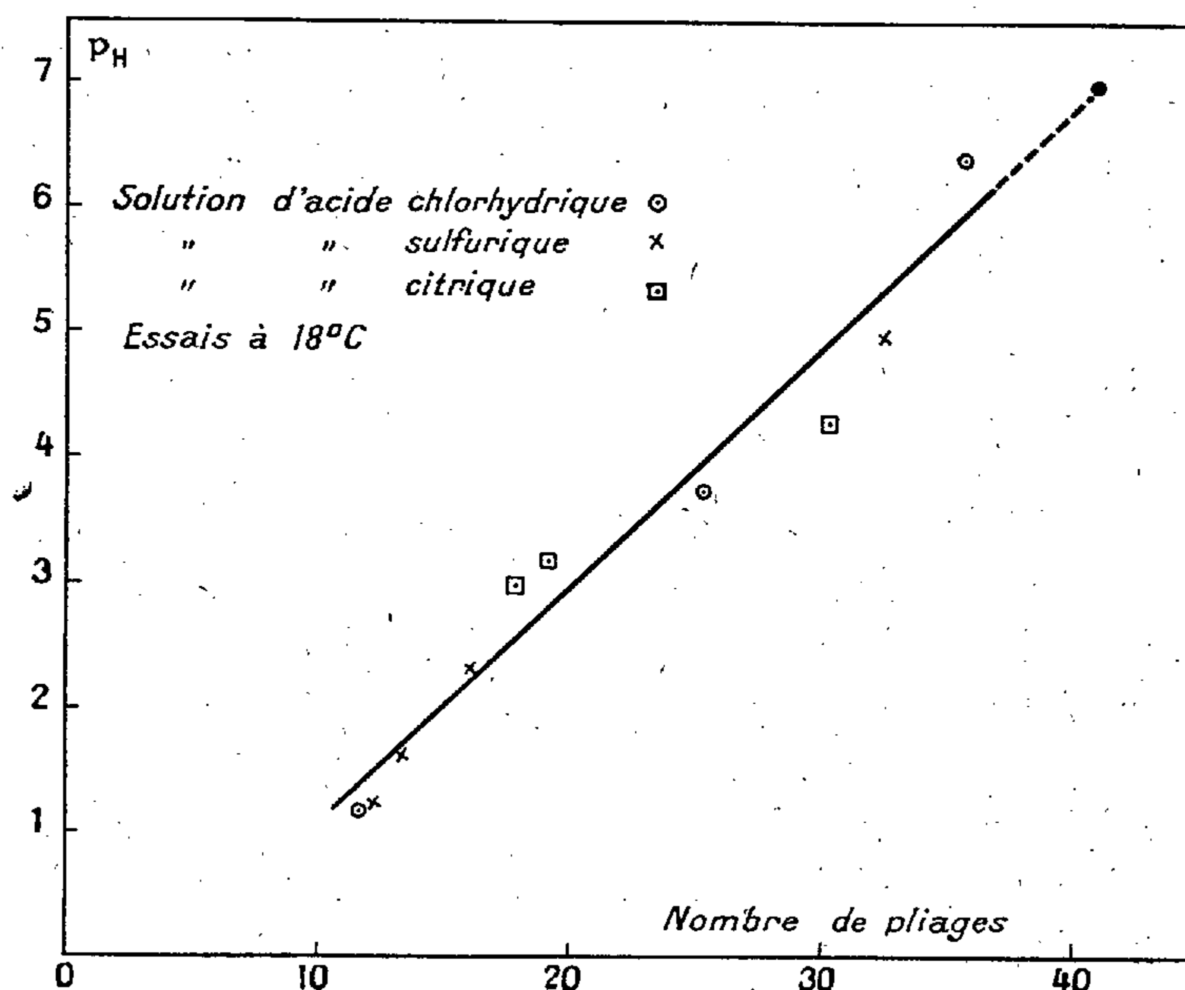
La valeur de la capacité de déformation, caractérisée comme précédemment par des essais de pliages alternés ([2]), fut déterminée après des décapages dans des solutions aqueuses des acides chlorhydrique, sulfurique et citrique, de concentrations allant de 0 à 10 pour 100 et pour des durées d'attaque de 0 à 48 heures. De même, la récupération de la capacité de déformation de fils, *préalablement décapés* pendant 30 minutes dans une solution d'acide chlorhydrique à 10 pour 100, fut suivie, en fonction du temps, dans des solutions aqueuses acides, identiques à celles ayant servi aux décapages définis précédemment et possédant une acidité vraie inférieure à celle de l'acide chlorhydrique à 10 pour 100. Dans chaque expérience, un volume de réactif considérable (7^l) par rapport au volume du fil immergé fut utilisé pour éviter les variations de concentration de la solution acide dans le temps. De même, les variations de composition de la solution au voisinage du fil soit par appauvrissement au cours de l'attaque, soit par diffusion des produits de réaction, furent réduites au minimum par agitation mécanique.

Dans ces conditions expérimentales simples, il a été constaté qu'à température constante (18°C.) et pour un acide et une concentration donnés, la capacité de déformation du fil, soumis au décapage, et celle du fil, préalablement décapé pendant 30 minutes dans l'acide chlorhydrique à 10 pour 100, tendent toutes deux vers la même limite, valeur d'autant plus basse que la concentration de la solution acide, dans laquelle se poursuit le décapage ou la récupération, est plus forte. Si l'on porte la valeur limite ainsi atteinte par la capacité de déformation du fil en fonction du pH de la solution acide correspondante déterminé colorimétriquement et précisé électriquement à l'aide d'un ionomètre différentiel à électrodes d'antimoine, on obtient une série de points alignés (voir la figure ci-après).

Ceci montre 1° l'importance du rôle de la concentration en ions hydrogène des solutions acides aqueuses sur l'évolution, *dans les deux sens*, de la fragilité de décapage; 2° le rôle primordial joué, dans le phénomène, par la couche d'ions hydrogène adsorbés par la surface du fil d'acier. Dans les conditions expérimentales simples adoptées par nous, on met en

évidence l'équilibre existant entre les concentrations en ions hydrogène dans la solution acide et dans la couche adsorbée par l'acier.

Cette relation simple n'est d'ailleurs vérifiée que dans la mesure où les produits de l'attaque du fer par la solution acide n'interviennent pas dans



le phénomène, par exemple en agissant sur la vitesse de recombinaison $H \rightarrow H^2$. Une perturbation de ce genre semble se produire notamment dans le cas des solutions aqueuses d'acide nitrique, dont nous poursuivons actuellement l'étude.

L'évolution de la fragilité de décapage étant conditionnée par les variations de concentration, en fonction du temps, des ions hydrogène dans la couche adsorbée, est par suite sous la dépendance de tous les facteurs influençant l'adsorption et notamment des impuretés existant dans le milieu où est plongé l'acier. C'est ainsi, par exemple, que 0,01 pour 100 en poids de sulfure Na^2S dans une solution d'acide chlorhydrique à 10 pour 100 accentue la fragilité de décapage [3]; la même teneur en sulfure Na^2S dans

(3) Les nombres de pliages sont respectivement de 10 et de 13 après 30 minutes d'attaque, avec et sans addition de sulfure Na^2S.

l'eau ralentit considérablement la récupération dans ce milieu, après décapage ([4]).

Le rôle important des impuretés explique les divergences entre les résultats indiqués par les divers expérimentateurs, pour des décapages, en apparence identiques, dans une solution acide donnée.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Structure électronique de certains alliages cuivre-aluminium.* Note ([1]) de M. **Jules Farineau**, présentée par M. Charles Fabry.

On sait ([2]) que l'étude de la répartition de l'intensité émise dans les raies X des corps solides, dues aux électrons extérieurs des atomes, donne des précisions intéressantes sur la répartition de ces électrons en fonction de l'énergie. J'ai étudié, à l'aide d'un spectrographe dans le vide, à cristal courbé, la raie $K\beta_x$ due aux électrons extérieurs (de conductibilité) de l'aluminium et la raie L_α due aux électrons $3d$ et $4s$ (électrons de conductibilité) du cuivre, dans différents alliages cuivre-aluminium. Je vais exposer succinctement les résultats obtenus avec deux de ces alliages particulièrement intéressants.

1° *L'alliage à* 5,2 pour 100 *de cuivre* dans lequel Guinier ([3]) a montré que par vieillissement, le cuivre se rassemblait en petits plans. Le spectre de cet alliage, photographié à deux mois d'intervalle, ne montre pas de variation appréciable. Ceci montre qu'entre l'ordre et le désordre, il existe des différences d'énergie qui sont inférieures au pouvoir séparateur du spectrographe, c'est-à-dire à 1/10 d'électron-volt par atome environ. Ceci est tout à fait conforme aux estimations de Mott, qui indique que, pour le laiton β, la différence d'énergie entre l'ordre et le désordre est inférieure à 0,04 eV.

2° *L'alliage* Al^2Cu, qui est un des constituants fondamentaux de tous les alliages légers à base d'aluminium et de cuivre, a une structure cristalline

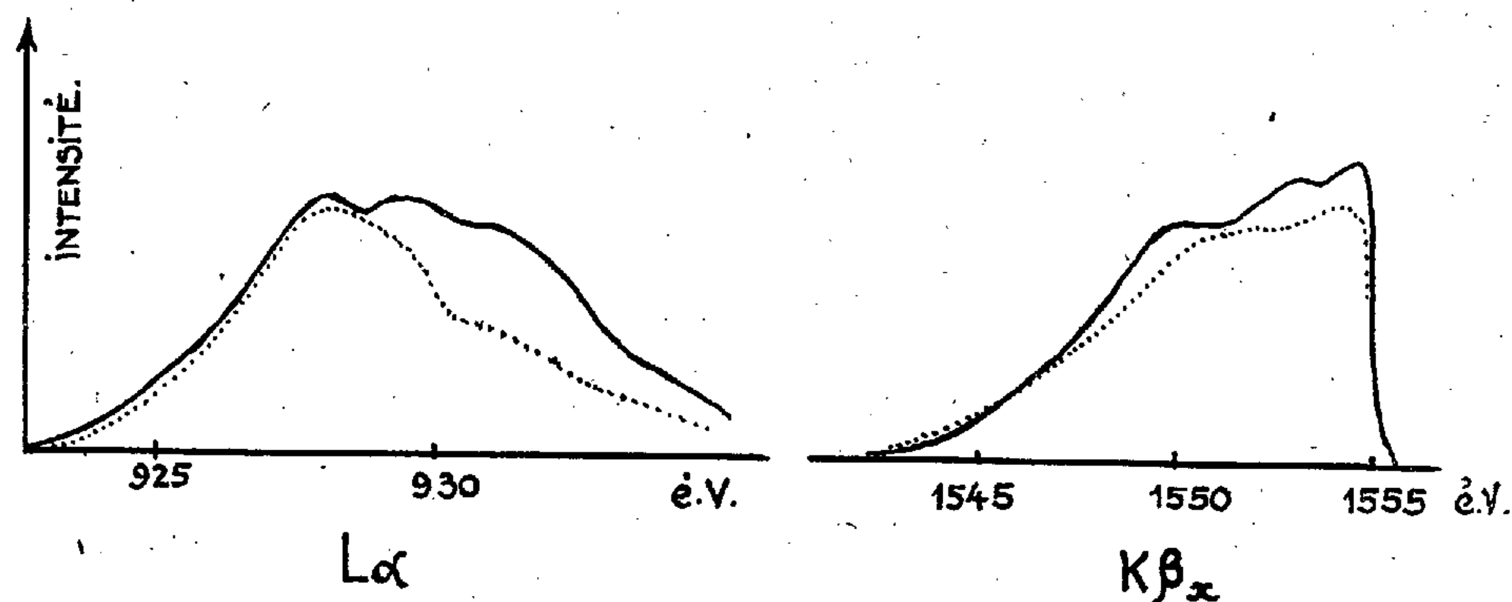
([4]) Pour un décapage préalable de 30 minutes dans de l'acide chlorhydrique 10 pour 100 et après 24 heures de récupération dans l'eau, avec ou sans addition de sulfure Na^2S, les nombres de pliages sont respectivement de 18 et de 36.

([1]) Séance du 9 janvier 1939.

([2]) Farineau, *Annales de Physique*, **10**, 1938, p. 20.

([3]) *Nature*, **142**, 1938, p. 569.

bien connue ([4]) : une maille tétragonale contenant 12 atomes. Les bandes L_α de Cu et $K\beta_x$ de Al de cet alliage sont représentées sur la figure 1.



Les courbes en pointillé sont celles des métaux purs.

On sait que l'interprétation des bandes des métaux purs ([5]) montre la réalité de l'existence des *zones de Brillouin*. J'ai cherché si la même interprétation n'était pas valable pour les différents maxima visibles sur la bande de l'aluminium, dans l'alliage. On trouve, en calculant les énergies dans l'hypothèse des électrons libres, hypothèse voisine de la réalité pour l'aluminium et le cuivre purs, que la bande des électrons de conductibilité de Al^2Cu doit se diviser en 3 zones principales, donnant des maxima à environ 6 eV, 8 eV et 10,5 eV du bord de grande longueur d'onde, ce qui est en concordance tout à fait satisfaisante avec le résultat expérimental.

La bande du cuivre qui présente des maxima à peu près aux mêmes distances, est plus délicate à interpréter par suite de la présence, du côté du bord des courtes longueurs d'onde, de satellites dus à des atomes ionisés. Il semble toutefois que les maxima qu'on observe, et qui sont différents de ceux de l'atome libre, correspondent à ceux de la bande $K\beta_x$. Les électrons de conductibilités qui tombent soit sur un ion cuivre, soit sur un ion aluminium en donnant les raies étudiées, semblent donc bien être répartis, à peu près comme des électrons libres, dans trois zones de Brillouin principales.

([4]) Mott, *Proc. Phys. Soc.*, 49, 1937, p. 258.
([5]) *Handbuch der Metallphysik*, 1, 1935, p. 48.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les amalgames de nickel.* Note (1) de MM. **Joseph Bougault, Eugène Cattelain** et **Pierre Chabrier**, présentée par M. Auguste Béhal.

Le nickel, même pulvérisé, ne se combine pas avec le mercure, quel que soit le temps de contact et malgré l'agitation.

La préparation d'amalgames de nickel est néanmoins possible, mais par voie indirecte :

1° Böttger (2) et Casamajor (3) font réagir l'amalgame de sodium avec une solution concentrée de chlorure nickeleux, Bellucci et Corelli (4) avec une solution de cyanure de nickel et de potassium en atmosphère d'hydrogène; Schumann (5), Damour (6) et Moissan (7) remplacent l'amalgame de sodium par l'amalgame de zinc.

2° Ramsay (8) effectue l'électrolyse d'une solution de chlorure nickeleux avec une cathode de mercure.

3° Enfin, comme l'a signalé récemment Aubry (9), le nickel de Raney s'amalgame directement, ainsi que le nickel hydrogéné cathodiquement.

Or tous ces procédés ont un point commun et curieux *la présence constante d'hydrogène naissant.*

Nous avons donc recherché si l'hydrogène provenant d'une autre source pouvait, également, provoquer la combinaison du mercure et du nickel. L'expérience nous a montré qu'il suffisait d'attaquer le nickel par un acide fort (chlorhydrique ou sulfurique dilué) en présence de mercure pour conférer au métal la propriété de s'amalgamer par agitation ; une très petite quantité d'acide suffit.

Quand on effectue cette opération, on voit le nickel disparaître progressivement; la masse devient homogène et il se forme un amalgame dont la

---

(1) Séance du 3 janvier 1939.
(2) *J. prakt. Ch.*, 1, 1834, p. 307, et 12, 1837, p. 350.
(3) *Chem. News*, 34, 1876, p. 36.
(4) *Atti Acad. Lincei*, 5e série, 22, 1913, p. 603.
(5) *Ann. d. Physik u. Chem.*, 43, 1891, p. 111.
(6) *Ann. Mines*, 3e série, 15, 1839, p. 47.
(7) *Comptes rendus*, 88, 1879, p. 180; *Ann. Chim. Phys.*, 5e série, 21, 1880, p. 199, et *Bull. Soc. Chim.*, 2e série, 31, 1879, p. 50 et 149.
(8) *Chem. Soc.*, 55, 1889, p. 532.
(9) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 1974.

consistance est plus ou moins grande suivant la proportion de nickel. Après disparition du nickel, la solution saline est décantée et l'amalgame, lavé avec soin, est conservé sous l'eau.

L'hydrogène semble jouer, dans l'amalgamation du nickel, le rôle de catalyseur; mais, pour provoquer la réaction, il doit se présenter sous certains états déterminés. C'est ainsi que l'hydrogène naissant dégagé, soit par le nickel de Raney, soit par le calcium, le sodium, ou l'amalgame de sodium, ne provoque pas la réaction.

Les amalgames de nickel sont blanc brillant quand ils viennent d'être préparés ou lorsqu'ils sont conservés sous l'eau, mais ils s'oxydent lentement au contact de l'air; cette attaque est très rapide au contact de l'eau oxygénée, dont ils provoquent la décomposition tumultueuse.

Les amalgames sont tous attirables par l'aimant à la façon du fer magnétique.

Les amalgames préparés en milieu fortement acide retiennent de l'hydrogène, qui disparaît sous l'action du vide avec boursouflement de la masse.

Si l'on chauffe dans le vide un amalgame de nickel, et si l'on fait retomber sur le résidu le mercure distillé, celui-ci se recombine immédiatement en reformant l'amalgame primitif.

Le nickel séparé par distillation n'est pas pyrophorique (différence avec le nickel obtenu par distillation d'amalgames préparés avec du nickel de Raney).

Conclusions. — Il est possible de réaliser l'amalgamation du nickel en présence d'hydrogène naissant.

Le choix de la source d'hydrogène n'est pas indifférent.

Il s'agit d'une action catalytique inséparable d'un milieu réactionnel spécial.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les combinaisons du nitrate de glucinium et des nitrates alcalins.* Note de M. **Robert Chauvenet**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai exposé (1) mes recherches sur les combinaisons en solution concentrée entre le nitrate de zinc et les nitrates alcalins; dans la présente Note,

(1) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1216.

j'indique les résultats obtenus dans les mêmes conditions entre le nitrate de glucinium et les nitrates alcalins, y compris celui d'ammonium. J'ai utilisé la même méthode, soit la chaleur de mélange (G. Urbain, Chauvenet et Job, *Société de Chimie Physique*, 11 juin 1913) exprimée en petites calories pour les quantités de l'expérience, les écarts entre les densités trouvées et calculées (d_t-d_c) et les écarts entre les indices de réfraction trouvés et calculés (n_t-n_c).

J'ai consigné les résultats de mes mesures dans les tableaux qui suivent.

Solution.	Chaleur spécifique.	Densité à 15°.	Indice de réfraction à 14°.
$(NO^3)^2Gl$ (sol. 2N)	0,796	1,166	1,3731
$(NO^3)^2Gl$ (sol. 0,53N)	1,095	1,081	1,3417
$(NO^3)^2Gl$ (sol. 1,35N)	1,380	1,116	1,3591
NO^3Li (sol. 2N)	0,785	1,201	1,3790
NO^3Na (sol. 2N)	0,859	1,108	1,3510
NO^3K (sol. 2N)	0,790	1,121	1,3513
NO^3Cs (sol. 0,53N)	0,939	1,120	1,3415
NO^3Rb (sol. 1,35N)	0,859	1,128	1,3465
NO^3NH^4 (sol. 2N)	1,475	1,366	1,3530

Mélange en volumes.		*Système* $(NO^3)^2Gl$-NO^3K. Effet thermique.	d_t-d_c.	n_t-n_c.	*Système* $(NO^3)^2Gl$-NO^3Na. Effet thermique.	d_t-d_c.	n_t-n_c.
cm³ 30	cm³ 10	33,42	0,004	—0,0016	18,16	0,004	—0,0004
28	12	–	–	–	19,76	0,004	—0,0001
25	15	44,09	0,005	—0,0018	23,76	0,006	—0,0002
24	16	–	–	–	20,99	0,003	—0,0001
22,5	17,5	47,74	0,007	—0,0005	23,74	0,001	0
20	20	48,01	0,010	0	21,56	0,001	—0,0005
17,5	22,5	46,62	0,009	—0,0006	22,28	0,003	—0,0005
15	25	43,19	0,006	—0,0004	18,28	0,002	—0,0004
12,5	27,5	40,04	0,005	—0,0009	–	–	–

Les courbes présentent un maximum pour le premier système, $(NO^3)^2Gl$-NO^3K; pour le second, trois maxima $3(NO^3)^2Gl$-NO^3Na, $9(NO^3)^2Gl$-$7NO^3Na$ et $7(NO^3)^2Gl$-$9NO^3Na$.

		Système $(NO^3)^2$Gl-NO^3NH^4.			*Système* $(NO^3)^2$Gl-NO^3Li.		
Mélange en volumes.		Effet thermique.	d_t-d_c.	n_t-n_c.	Effet thermique.	d_t-d_c.	n_t-n_c.
cm³	cm³						
30	10......	32,51	−0,1076	−0,0014	0,78	+0,0531	+0,0056
25	15......	44,31	−0,1365	−0,0020	0,97	+0,0467	+0,0022
22,5	17,55...	44,43	−0,1243	−0,0016	–	–	–
20	20......	50,69	−0,1411	−0,0002	1,96	+0,0439	+0,0027
17,5	22,5....	54,80	−0,1353	+0,0037	–	–	–
17	23......	–	–	–	1,97	+0,056	+0,0064
16	24......	77,99	−0,1557	+0,0032	–	–	–
15	25......	74,82	−0,1652	+0,0008	–	–	–
13	27......	72,37	−0,1777	+0,0010	–	–	–

Les courbes présentent pour le premier un maximum pour le mélange $2(NO^3)^2$Gl-$3NO^3NH^4$; pour le système Gl-Li les dégagements de chaleur sont trop faibles pour que je puisse affirmer qu'il y ait réaction entre les deux sels; cependant les écarts des densités sembleraient indiquer un maximum pour le mélange $(NO^3)^2$Gl-NO^3Li, il en est de même pour les écarts des indices de réfraction, il est possible que cette combinaison existe.

		Système $(NO^3)^2$Gl-NO^3Cs.			*Système* $(NO^3)^2$Gl-NO^3Rb.		
Mélange en volumes.		Effet thermique.	d_t-d_c.	n_t-n_c.	Effet thermique.	d_t-d_c.	n_t-n_c.
cm³	cm³						
30	10......	2,91	+0,0164	+0,0025	25,25	−0,0003	−0,0003
25	15......	3,86	−0,0571	−0,0004	29,57	+0,0005	−0,0001
22,5	17,5....	2,88	−0,0599	+0,0002	30,88	+0,0002	−0,0002
20	20......	7,64	−0,0166	+0,0032	31,30	−0,0001	−0,0002
17,5	22,5....	5,68	–	+0,0037	27,18	−0,0006	−0,0009
15	25......	3,70	–	+0,0027	25,58	−0,0064	−0,0010

Les courbes présentent pour le système Gl-Cs deux maxima correspondant aux mélanges $(NO^3)^2$Gl-NO^3Cs et $5(NO^3)^2$Gl-$3NO^3$Cs. Pour le système Gl-Rb les courbes présentent un maximum correspondant au mélange $(NO^3)^2$Gl-NO^3Rb.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude des acides ferricyanhydrique, cobalticyanhydrique et chromicyanhydrique.* Note de M[lle] **Jeanne Brigando**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons montré [1] que la basicité de trois hydroxydes complexes du type hexamine est la même, quelle que soit la base entrant dans leur constitution. Mais cette basicité peut dépendre de la nature du métal qui forme l'ion complexe; il en est de même de la force des acides complexes.

Laissant provisoirement de côté la question des bases, nous avons étudié comparativement les acides ferri-, cobalti- et chromicyanhydriques. Les courbes de titrage de ces trois acides ont été déterminées par

1° la méthode potentiométrique, en utilisant l'électrode de verre;

2° la conductivité électrique.

D'autre part les spectres d'absorption ultraviolets de ces différents acides, au cours de leur neutralisation, ont été comparés entre eux.

Pour tous ces essais, il a été employé des solutions M/100 d'acide complexe et des solutions normales de soude et d'acide chlorhydrique.

Les acides cobalticyanhydrique et ferricyanhydrique ont été obtenus par des procédés connus.

L'instabilité de l'acide chromicyanhydrique ne permet pas de l'isoler pour en faire l'étude en solution aqueuse, aussi sommes-nous parti de son sel de potassium. Afin d'éviter l'altération du produit, le pH était déterminé au fur et à mesure de l'addition respective d'acide ou de soude à deux volumes de la solution de chromicyanure de potassium maintenue à 0°. La partie de la courbe allant du pH 7 au pH 2 est exprimée en fonction du nombre de centimètres cubes d'acide et l'autre partie en fonction de la quantité de soude ajoutée.

Les courbes de titrage montrent que les trois acides complexes sont des acides également forts, dont les solutions M/100 sont toutes trois comparables à une solution d'acide chlorhydrique 3 M/100. Les trois fonctions acides de chacun d'entre eux ont donc sensiblement la même force.

Il a été possible de mettre en évidence l'instabilité de l'acide chromicyanhydrique, au moyen de deux essais comparatifs portant sur 100^{cm^3} d'une solution M/100 de chromicyanure de potassium refroidie à 0° et

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1467.

acidifiée par 4^{cm^3} d'acide chlorhydrique normal, ce qui représente un excès de 1^{cm^3} sur la quantité nécessaire à la neutralisation. Ces deux solutions maintenues à 0°, étaient titrées, l'une immédiatement, l'autre après 1 heure. Les deux courbes résultantes sont fort différentes : la première est presque identique à celle de l'acide chromicyanhydrique; la seconde, au contraire, est celle d'une solution fortement tamponnée, elle met nettement en évidence l'altération de l'acide chromicyanhydrique.

Le titrage par conductivité électrique donne les mêmes résultats que la méthode potentiométrique. Les courbes obtenues sont des courbes d'acides forts, dont le point singulier correspond à la neutralisation des trois acidités.

Les spectres d'absorption de ces acides ont été déterminés suivant le mode opératoire mentionné dans un précédent travail ([1]). Ils présentent les bandes caractéristiques de chacun des corps. Avec les acides ferri- et cobalticyanhydriques, on n'observe pas de modification sensible de l'absorption au cours du titrage. Il n'en est pas de même pour l'acide chromicyanhydrique. Pour ce dernier, étudié aux environs de 0°, il se produit après l'addition de 1^{cm^3} d'acide chlorhydrique normal à 100^{cm^3} de la solution M/100 du sel de potassium, une diminution de l'absorption pour la région correspondant à la bande dont le maximum est situé vers 3750 Å. L'absorption reste ensuite assez constante au cours du titrage.

L'ensemble des résultats expérimentaux permet de formuler les conclusions suivantes :

1° Les acides cobalti-, ferri- et chromicyanhydriques sont des acides forts; leur acidité ne dépend pas de la nature du métal.

En rapprochant ce résultat de celui fourni par les bases complexes ([1]), il apparaît que la force des bases ou des acides complexes étudiés ne dépend pas des constituants de l'ion complexe considérés indépendamment les uns des autres. Les corps formés sont des bases fortes ou des acides forts ayant respectivement pour chacune de leur fonction, acide ou basique, la même constante de dissociation.

2° On ne peut établir aucune relation entre la force d'un acide et sa stabilité. Ainsi l'acide chromicyanhydrique très instable est un acide fort, comme les acides cobalti- et ferricyanhydriques, beaucoup plus stables. Le même résultat est donné par l'étude des bases complexes; les trois bases précédemment étudiées sont de même force, on sait pourtant qu'elles n'ont pas la même stabilité.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la fusibilité des mélanges de sulfure et de sulfate de sodium purs anhydres.* Note ([1]) de M. **Gaston Courtois**, présentée par M. Paul Lebeau.

Quelques indications se rapportant à l'analyse thermique de divers mélanges de sulfate de sodium industriel et de sulfure préparé à partir de ce dernier ont été données par Ley ([2]).

Le sulfure de sodium anhydre pur, dont nous avons antérieurement décrit la préparation ([3]), nous a permis de réaliser des mélanges bien définis de ce composé avec le sulfate de sodium également pur, et de faire une étude du système SNa^2-SO^4Na^2 à partir de produits purs.

Ces essais présentent de grandes difficultés en raison de la facilité avec laquelle tous les récipients sont attaqués par un tel mélange et de l'impossibilité d'utiliser le charbon dont l'action réductrice aurait profondément modifié nos résultats. Nous avons dû finalement employer une nacelle de porcelaine, sciée à l'une de ses extrémités et doublée d'une lame d'or de quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur.

Pour faire une détermination, on place la nacelle contenant le mélange connu (1^g environ), et comprimé en une pastille cylindrique de 1^{cm} de haut et reposant sur sa base à la façon d'une montre Séger, dans un tube de porcelaine très réfractaire, chauffé dans un four électrique horizontal. Ce tube est fermé à l'une de ses extrémités par une plaque de verre transparent et, à l'autre, par un capuchon laissant, d'une part, passer un couple thermoélectrique, dont la soudure est située au voisinage de la pastille, et en relation, d'autre part, avec un tube rempli de P^2O^5 communiquant lui-même avec une trompe à mercure. Les traces d'eau fixée par la masse, au cours des manipulations, étant éliminées par une chauffe préalable, suffisamment prolongée vers 250°, d'abord dans un courant rapide d'hydrogène sec, puis dans le vide phosphorique, on élève très lentement la température et l'on note le moment où la pastille s'affaisse complètement par fusion. Après refroidissement, on vérifie la composition du produit fondu homogène.

L'ensemble nacelle-lame d'or et pastille conserve son poids initial, sauf

---

([1]) Séance du 27 décembre 1938.

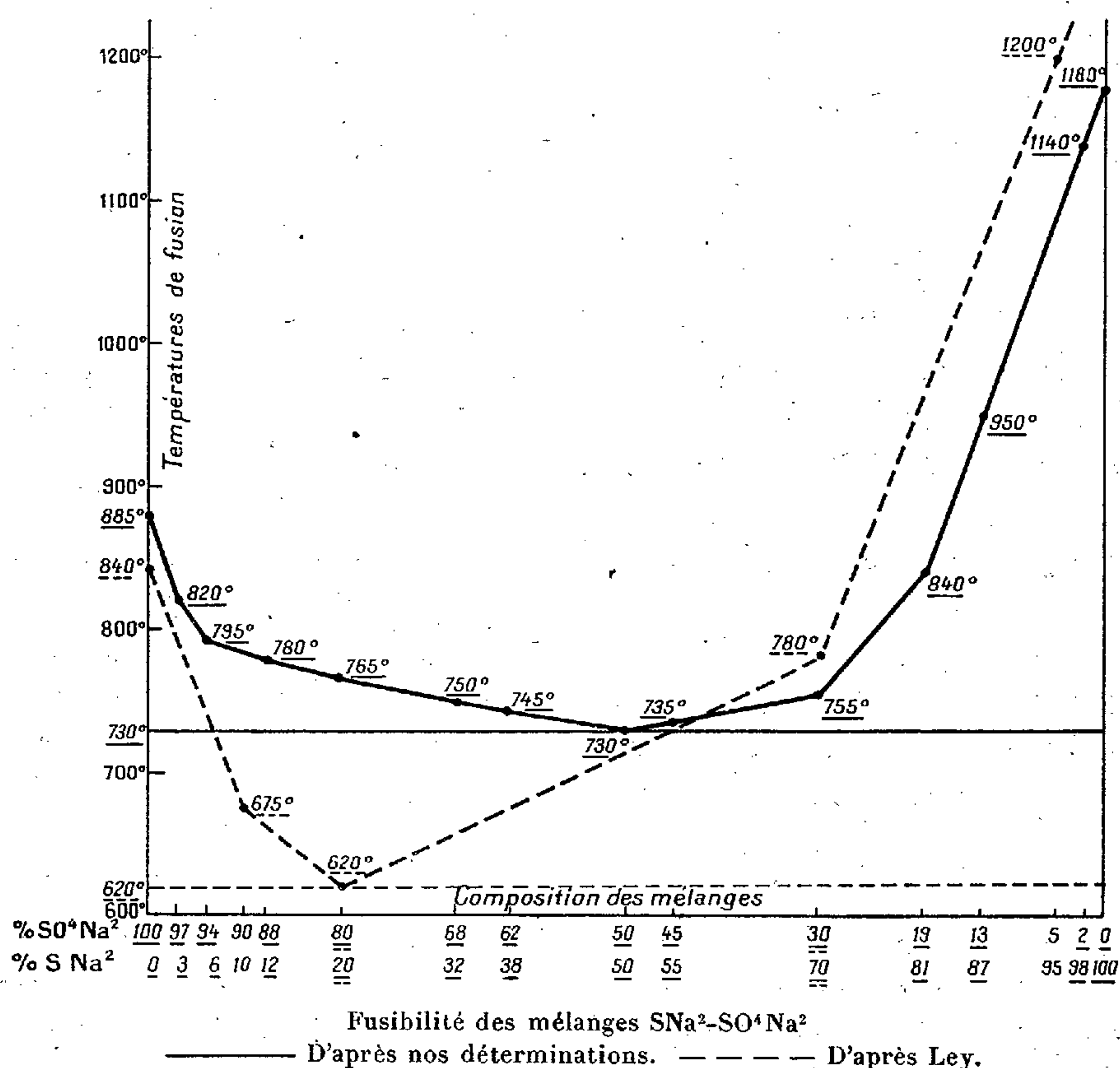
([2]) *Chem. Zeit.*, 58, 1934, p. 859.

([3]) G. Courtois, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1220.

dans les essais effectués au-dessus de 800°, où se produit la volatilisation d'une petite quantité de sulfure de sodium. Il y a cependant attaque de la lame d'or, mais celle-ci, n'intervenant qu'après la fusion du mélange et se limitant à une simple solution du métal dans la masse, n'apporte aucune cause d'erreur dans nos déterminations.

Dans le cas du sulfure de sodium, on se sert d'une nacelle de graphite préalablement calcinée à 1200° dans le vide.

Les courbes ci-dessous représentent nos résultats et, comparativement, ceux indiqués par Ley.



Fusibilité des mélanges SNa^2-SO^4Na^2

——— D'après nos déterminations. — — — — D'après Ley.

D'après nos déterminations, les mélanges les plus fusibles (730 à 750°) sont ceux qui renferment de 30 à 70 pour 100 de SNa^2 alors que, d'après Ley, les points de fusion les plus bas sont voisins de 620° et correspondent à des mélanges titrant 20 pour 100 de sulfure.

On doit admettre, toutefois, que les points de solidification com-

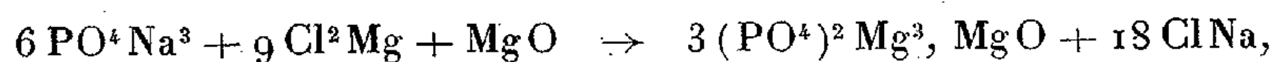
mençante des mélanges étudiés peuvent être, pour certains d'entre eux, supérieurs au point d'affaissement et, en raison de la difficulté d'appliquer ici les procédés classiques d'analyse thermique, il y a lieu de considérer la courbe tracée plus haut comme représentant seulement de façon approchée la fusibilité du système SNa^2-SO^4Na^2. Il semble bien, néanmoins, qu'il s'agisse d'un système binaire avec eutectique fusible vers 730°, eutectique dont la composition correspondrait sensiblement à poids égaux des deux sels.

CHIMIE MINÉRALE — *Sur l'hydroxyapatite de magnésium.* Note [1] de M. **André-Adrien Sanfourche**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Quand on cherche à préparer le phosphate trimagnésien par double décomposition entre un phosphate alcalin et un sel de magnésium, on constate qu'il se forme facilement des phosphates basiques; nous avons recherché si, parmi eux, il en existe de définis, et particulièrement s'il est possible d'obtenir l'hydroxyapatite de magnésium, par analogie avec le même composé du calcium, connu depuis longtemps, et ceux du strontium et du lithium, dont nous avons démontré l'existence [2].

Pour préparer ceux-ci, on traite l'acide phosphorique par un excès de solution aqueuse de l'hydroxyde; dans le cas du magnésium, l'hydroxyde n'ayant qu'une solubilité presque nulle, il a été nécessaire d'user d'un artifice, en dissolvant la magnésie dans une solution concentrée de chlorure de magnésium. Nous avons utilisé une solution à $4^g,85$ MgO par litre.

1. La réaction supposée étant



$$6\,PO^4Na^3 + 9\,Cl^2Mg + MgO \rightarrow 3\,(PO^4)^2Mg^3, MgO + 18\,ClNa,$$

si l'on n'emploie que la proportion exacte de solution de magnésie qu'elle indique, le précipité, quoique plus basique que le phosphate neutre, n'atteint pas la composition de l'hydroxyapatite. En doublant la quantité de solution magnésienne, le précipité, partiellement cristallin au moment de sa formation, le devient entièrement au bout de quelques heures. Après

(1) Séance du 9 janvier 1939.

(2) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1820; *Bull. Soc. Chim.*, **53**, 1933, p. 957; **5**, 1938, p. 1669.

qu'il a été lavé et séché à froid, il est analysé en dosant l'acide phosphorique par le phospho-molybdate, le magnésium à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien ; sa composition est sensiblement celle d'une hydroxyapatite à 23 molécules d'eau :

	I.	II.	Théorie pour $3(PO^4)^2Mg^3, Mg(OH)^2, 23H^2O$.
PO^4	44,85 pour 100	45,25	45,19
Mg	19,67	19,58	19,27
H^2O	34,10	33,85	34,27

2. Si les solutions réagissantes sont préalablement chauffées à 80°, le précipité reste plus longtemps amorphe que celui formé à froid, mais après 2 jours il est devenu entièrement cristallin ; lavé et séché, il a la composition de l'hydroxyapatite à 15 molécules d'eau :

		Théorie pour $3(PO^4)^2Mg^3, Mg(OH)^2, 15H^2O$.
PO^4	50,25 pour 100	51,0
Mg	21,33	21,85
H^2O	26,0	25,80

3. Nous avons essayé d'appliquer à cette préparation un mode opératoire analogue à celui utilisé par Klement [3] pour celle de l'hydroxyapatite de plomb. Un échantillon de phosphate neutre de magnésium finement pulvérisé est soumis à l'action d'un excès de soude 0,01 *n* à l'ébullition. En moins de 10 heures, la composition de l'hydroxyapatite est atteinte, et elle ne se modifie plus si l'on continue l'ébullition, bien que l'alcali soit encore en excès dans la solution. Après séchage à la température ordinaire jusqu'à poids constant, sa teneur en eau est de 25,4 pour 100.

4. Nous avons recherché si le phosphate neutre de magnésium subit une hydrolyse par le contact prolongé de l'eau, ainsi qu'il arrive à celui de calcium. Pour cela du phosphate de composition exacte $(PO^4)^2Mg^3$, $16H^2O$ est mis en suspension dans l'eau en ébullition à l'abri de l'acide carbonique. Après 10 heures il n'a pas changé de composition.

Propriétés. — Les hydroxyapatites 1 et 2 sont cristallisées en amas prismatiques, tandis que le produit 3 apparaît amorphe au microscope ; le produit 1 a pour densité à 20° 2,092.

L'hydroxyapatite de magnésium est décomposée par l'eau, qui dissout proportionnellement plus de magnésie que de phosphate neutre : après contact de 5 jours, dont 50 heures d'agitation, de 1^g dans un litre d'eau

(3) *Z. anorg. Chem.*, 237, 1938, p. 161.

distillée froide, la composition du résidu se rapproche du phosphate neutre et l'atteint rapidement si l'on renouvelle l'eau dans laquelle il baigne. A la température de l'ébullition, les choses se passent de même en quelques heures. L'action de l'eau sur les phosphates magnésiens est donc inverse de celle qu'elle exerce sur les phosphates calciques, qui sont hydrolysés jusqu'à l'hydroxyapatite comme terme final.

La propriété la plus intéressante de l'hydroxyapatite de magnésium est le processus de sa déshydratation sous l'action de la chaleur; par chauffage à 100° jusqu'à poids constant, le produit 1 atteint la composition $3(PO^4)^2Mg^3$, $Mg(OH)^2$, 13,5 H^2O, le produit 2, $3(PO^4)^2Mg^3$, $Mg(OH)^2$, 11 H^2O. Si l'on poursuit le chauffage à des températures régulièrement croissantes, la déshydratation progresse sans manifester aucune singularité jusqu'à 500°, où il reste une proportion d'eau fixe correspondant sensiblement à la composition $3(PO^4)^2Mg^3$, $Mg(OH)^2$, H^2O pour le produit 1, et $3(PO^4)^2Mg^3$, $Mg(OH)^2$ pour le produit 2; le produit 2, placé ensuite sous cloche humide, est capable de réabsorber une molécule d'eau. Mais, si l'on continue à élever la température, vers le rouge naissant il se produit un brusque dégagement de chaleur se manifestant par une vive incandescence, après laquelle l'eau a presque complètement disparu; il n'en reste que des traces qui sont chassées par calcination prolongée à 900°, laissant de l'oxyapatite $3(PO^4)^2Mg^3$, MgO, incapable de se réhydrater en atmosphère humide.

L'énergie avec laquelle sont retenues ces dernières molécules d'eau est particulière à l'hydroxyapatite et peut servir à la caractériser comme composé défini, car l'hydroxyde $Mg(OH)^2$ est transformé en oxyde au-dessous de 200°, et le phosphate neutre devient anhydre entre 450° et 500°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des dérivés halogénés sur les magnésiens.* Note [1] de MM. **Gustave Vavon**, **Jean Calin** et **Jean Fouchier**, transmise par M. Robert Lespieau.

On sait que dans certains cas les halogénures organiques peuvent agir sur les magnésiens pour donner le carbure résultant de la soudure des deux radicaux.

Ayant eu à effectuer de telles synthèses nous avons suivi, sur des couples

---

(1) Séance du 9 janvier 1939.

variés, la disparition du magnésien en fonction du temps. Bien que la réaction soit parfois complexe on peut néanmoins espérer obtenir ainsi des renseignements utiles sur le choix des réactifs à employer, en vue de la synthèse d'un carbure déterminé.

Parmi les nombreux essais effectués, nous donnons ici ceux qui ont été faits, d'une part sur le magnésien du bromure d'éthyle opposé à différents halogénures, d'autre part sur le bromure d'allyle opposé à différents magnésiens.

Le tableau ci-dessous donne les temps, en minutes, nécessaires à la disparition de 40 pour 100 du magnésien, chaque réactif étant employé molécule à molécule et à une concentration initiale voisine de N/10 dans l'oxyde de butyle. Le titrage est fait soit par l'acide sulfurique, soit par l'iode en excès suivant la méthode de Jolibois.

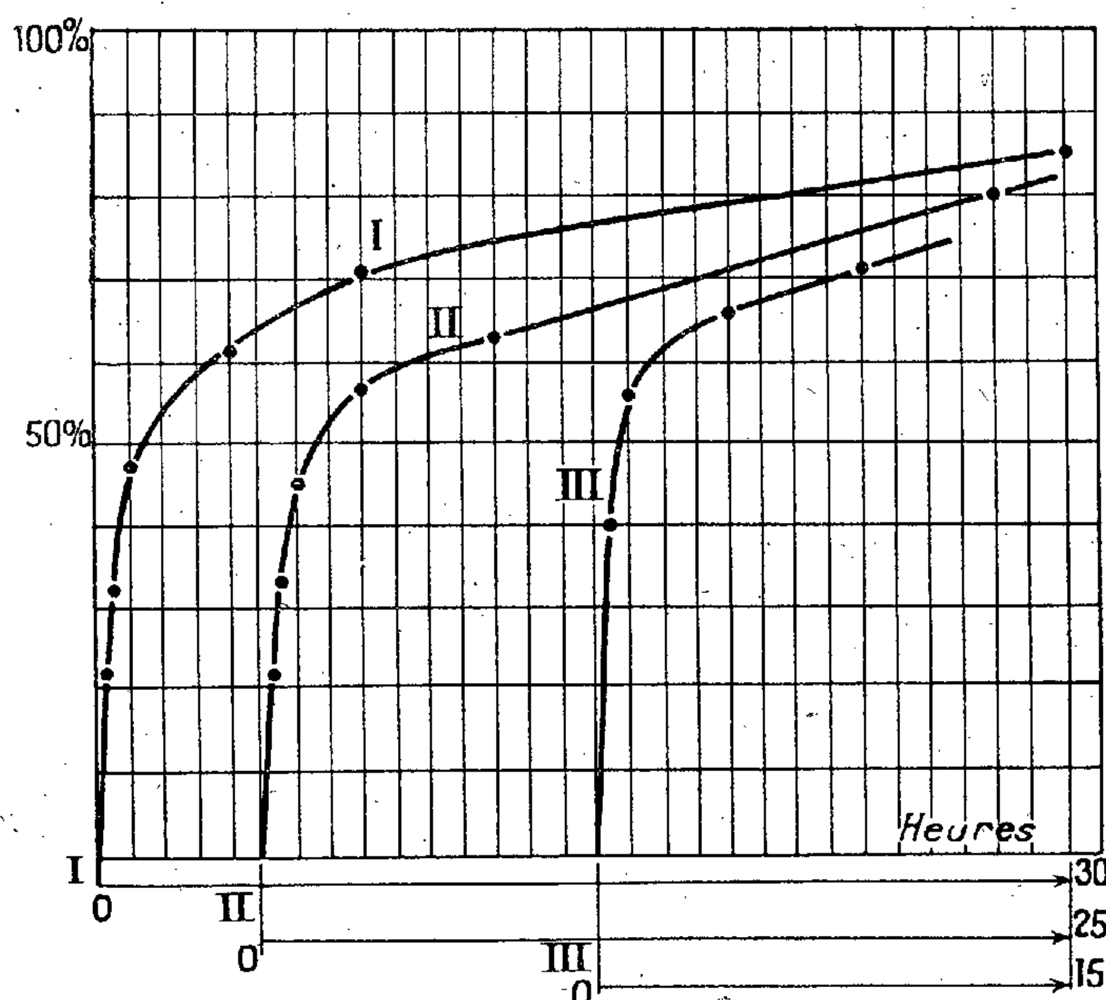
	Couples étudiés.		Température.	Temps.
(1)	C^2H^5MgBr	+ *n*-C^4H^9Br	65°	2000
(2)	»	+ *sec*-C^4H^9Br	»	90
(3)	»	+ *tert*-C^4H^9Br	»	30
(4)	»	+ $C^6H^5CH^2Cl$	65	50
			35	800
(5)	»	+ $C^6H^5CH^2Br$	35	45
(6)	»	+ $C^6H^5CH^2I$	»	20
(7)	»	+ p$CH^3OC^6H^4CH^2Br$	»	13
(8)	»	+ $CH^2=CH-CH^2Br$	»	50
(9)	*iso*-C^3H^7MgBr	+ »	»	5
(10)	*n*-C^4H^9MgBr	+ »	»	37
(11)	*n*-C^4H^9MgI	+ »	»	70
(12)	*n*-C^4H^9MgCl	+ »	»	170
(13)	*tert*-C^4H^9MgBr	+ »	»	5
(14)	C^6H^5MgBr	+ »	»	35

De l'ensemble des résultats obtenus on peut tirer les conclusions suivantes : la réaction est beaucoup plus lente pour les halogénures et les magnésiens primaires saturés que pour les secondaires et les tertiaires (cf. 1, 2, 3 et 9, 10, 13). La vitesse croît dans l'ordre $Cl < Br < I$ pour l'halogénure (cf. 4, 5, 6), tandis que l'influence de l'halogène est moins marquée pour les magnésiens, le bromure donnant ici la plus grande vitesse.

Une double liaison en α dans l'halogénure facilite beaucoup la réaction (cf. 1, 5, 8).

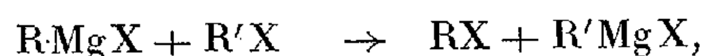
Un fait dans la cinétique de cette réaction nous a frappés : les courbes

magnésien-temps présentent souvent un changement d'allure; à une réaction rapide succède une réaction lente. C'est ce que montrent les exemples ci-dessous.



Couples I. *iso*-$C^3H^7MgBr + C^2H^5I$ à 65°;
II. $C^2H^5MgBr + C^6H^5—CH^2Br$ à 35°;
III. *iso*-$C^3H^7MgBr + C^6H^5.CH^2Cl$ à 35°.

Pour interpréter ce changement d'allure de la courbe on peut faire appel à l'échange fonctionnel



$$RMgX + R'X \rightarrow RX + R'MgX,$$

comme l'ont envisagé Prévost ([2]), puis Urion ([3]), le second couple pouvant évoluer plus lentement que le premier.

Des expériences faites en vue de contrôler cette interprétation nous permettent de conclure que la migration du magnésium d'un radical à l'autre paraît très générale.

Toutefois cette migration semble être due à un mécanisme autre que celui qui est envisagé ci-dessus.

([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 49, 1931, p. 1374.
([3]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1244.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur un nouveau mode de production de cristaux sur lesquels peuvent être effectuées des mesures physiques.* Note de M. **René Jouan**, présentée par M. Robert Lespieau.

De Watteville ([1]) avait réussi à obtenir, pour diverses substances minérales, des cristaux ayant la transparence et l'éclat des pierres précieuses taillées. Pour cela, il suspendait un germe cristallin à un cheveu, dans une solution légèrement sursaturée, maintenue à une température constante, et il faisait tourner le cristal, autour de l'axe constitué par le cheveu, pendant toute la durée de sa formation.

J'ai repris une série d'expériences analogues, aux environs de 30°, en faisant varier régulièrement, d'une part la sursaturation des solutions utilisées, d'autre part la vitesse de rotation du cristal (entre 11 et 300 tours-minute). Je partais d'une solution légèrement sursaturée, dont j'abaissais ensuite lentement la température (1/10° par jour), à mesure qu'elle s'appauvrissait en sel. Avec l'hyposulfite de sodium, et mieux encore avec l'alun, j'ai pu produire, en des temps allant de 4 à 7 jours, des cristaux, de 1^g à 3^g, parfaitement limpides et ayant des faces parfaitement planes. J'ai constaté que le cristal n'est bien transparent que s'il se forme dans une solution très peu sursaturée; mais dans ce cas, avec aucune des vitesses de rotation utilisées, je n'ai pu obtenir de cristal ayant une forme simple et régulière. Pour l'alun, par exemple, j'ai toujours trouvé la présence simultanée au moins des faces du cube et de celles de l'octaèdre; et les translations subies par ces faces donnaient alors au cristal l'aspect d'un polyèdre convexe quelconque. Un tel cristal se prête néanmoins très bien à des mesures optiques. Mais la présence du cheveu de suspension, surtout à cause du nœud central, constitue une discontinuité de l'édifice cristallin qui peut être très gênante pour des mesures mécaniques à effectuer sur le cristal.

C'est pourquoi j'ai cherché à supprimer cet inconvénient en posant le cristal au lieu de le suspendre. Pour assurer une croissance régulière des différentes faces, j'ai placé le germe initial à l'intérieur de la solution sur un tamis de soie artificielle monté sur un cadre de verre. Un excentrique entraîné par un moteur communique au cadre, par l'intermédiaire de

([1]) *Comptes rendus*, **124**, 1897, p. 400.

quatre fils de suspension, un mouvement continuel d'oscillation (environ une oscillation en quatre secondes). Le tamis forme un petit sac dont toutes les parois deviennent, au cours de chaque oscillation, alternativement lâches, puis tendues verticalement par l'effet d'un contrepoids de verre, rempli de mercure, qui coulisse sur un fil très fin. Dans ces conditions, bien que les mailles du tamis soient assez grandes pour permettre à la solution de les traverser librement, le cristal ne risque pas de s'accrocher, et roule sans arrêt sur la surface de soie. J'ai réussi de cette manière à faire grossir un germe dans les mêmes conditions de température de sursaturation et de durée que dans le premier procédé. Les cristaux ainsi obtenus sont encore transparents, mais un peu moins limpides que les premiers. Par contre, le germe initial disparaît totalement dans la masse cristalline, qui ne présente plus aucune discontinuité. D'autre part il est remarquable que tous les cristaux fabriqués par cette méthode aient exactement la forme d'un octaèdre régulier. Je crois qu'il est possible, en agissant méthodiquement sur la sursaturation initiale de la solution et la cadence d'oscillation du tamis, d'améliorer la limpidité du cristal, tout en lui conservant sa forme extérieure régulière.

LITHOLOGIE. — *Remarques sur l'origine de la tourmaline dans les roches sédimentaires.* Note de M. **Léopold Berthois**, présentée par M. Lucien Cayeux.

La tourmaline est fréquente dans le résidu lourd des roches sédimentaires (1) en grains jaunes ou bruns, plus ou moins roulés, dont l'origine détritique est universellement admise.

Il existe une autre manière d'être de ce minéral, moins fréquemment observée, mais qui a retenu l'attention de nombreux lithologistes : c'est la tourmaline ferromagnésienne, plus sodique que lithique, en cristaux verdâtres, prismatiques coiffés de la pyramide hémimorphe.

Cet habitus du borosilicate d'alumine a été signalé depuis longtemps dans les roches sédimentaires par M. A. Lacroix (2), dans les sédiments crétacés du bassin de la Seine; M. L. Cayeux (3), qui a longuement étudié ce minéral, l'a fréquemment mentionné dans ses travaux.

(1) L. Cayeux, *Mém. Carte Géol. France*, Paris, 1916, p. 285.
(2) *Minéralogie de la France et de ses Colonies*, Paris, 1893, I, p. 110.
(3) *Bull. Serv. Carte Géol. France*, N° 150, 26, 1922-1923, 113 p., 5 pl. h. t.

M. Deverin (4) a reconnu, dans les roches crétacées des Alpes-Maritimes, de petits prismes de tourmaline terminés par des pointements dont les teintes sont variables : vert lavé, vert cru, vert bouteille, aigue-marine etc., leurs dimensions varient de 50 à 110 suivant l'axe, et de 10 à 60 transversalement. Ils ne portent aucune trace d'usure, mais sont accompagnés de minéraux roulés : quartz, zircon, rutile, etc.

M. Deverin pense que ces petits prismes de tourmaline sont néogènes.

Dans un autre travail (5) cet auteur a précisé *que la genèse* in situ *était attestée par le fait que l'abondance de la tourmaline était indépendante de la fréquence et de l'état de conservation des minéraux détritiques concomitants, y compris les tourmalines allothigènes*, mais plus tard (6) il souligna cependant que *la preuve de la formation* in situ *est fournie principalement par l'absence de stigmates qui dénoncent le minerai détritique*.

Les recherches effectuées par Wichmann (7), puis par Goldschmitt et Cl. Peters (7), sur la dispersion du bore dans l'écorce terrestre, ont fourni des arguments à l'auteur de la théorie de la néoformation de la tourmaline.

M. Deverin a établi un rapprochement entre les feldspaths dont la formation *in situ* a été démontrée par M. Cayeux (8) et la tourmaline prismatique. Enfin, dans un récent travail (9), il admet que la formation de la tourmaline authigène est due à un métamorphisme précoce qui ne serait que le début de l'évolution qui amène un sédiment à l'état de schiste cristallin.

J'ai observé, parmi les minéraux lourds des sables de la Méditerranée dragués en 1922-1923 par le *Pourquoi-Pas?*, des prismes de tourmaline ferromagnésienne sans trace d'usure. Leur dichroïsme est net, dans les tons suivants :

n_g = vert	brun vert	vert brunâtre	vert foncé	vert bleuâtre
n_p = vert très clair	vert clair	brun clair	jaune clair	vert très clair

Leurs dimensions varient de 191^{μ} à 25^{μ} longitudinalement et de 77^{μ} à 9^{μ} transversalement.

(4) *Act. Soc. Hel. Sc. Nat. Aarau*, **2**, 1925, p. 138.
(5) *Act. Soc. Hel. Sc. Nat. Zurich*, **2**, 1934, p. 327-328.
(6) *J. für Miner. Geol. Paläon.*, 2, 1880, p. 294-297.
(7) *Ges. Wiss. Göt. Math. Phys.*, 2, 1932, p. 402-564.
(8) *Comptes rendus*, **120**, 1895, p. 1068.
(9) *Bul. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, Lausanne, 59, n° 239, 1936, p. 41-44.

Ils sont accompagnés de nombreux minéraux roulés ou brisés, zircon, grenat, staurotide, épidote, amphibole, augite, andalousite.

La tourmaline en cristaux idiomorphes a été rencontrée dans quatre stations. Celles portant les nos 301, 302, 303 ([10]) sont situées près de la côte espagnole (région de Carthagène à Almeria), à proximité des massifs de roches éruptives qui ont vraisemblablement fourni la majeure partie des minéraux lourds du sédiment; mais la station 310 est voisine d'Ibiza (les profondeurs de ces stations varient de 60^{m} à 120^{m}).

On peut déduire de ces observations que des prismes de tourmaline de petite taille peuvent supporter un transport d'une certaine importance, mis en évidence par les profondeurs des stations, sans porter de stigmate d'usure.

La relation établie entre la tourmaline dite authigène et le feldspath de néoformation ne me semble pas devoir être considérée comme aussi étroite que le pense M. Deverin, car il existe, entre les deux minéraux, une différence essentielle : les feldspaths néogènes n'ont pas la même forme que ceux des roches éruptives, tandis que la tourmaline possède toujours le même habitus, qu'elle soit extraite d'une arène de roche éruptive ou d'une roche sédimentaire.

Conclusion. — La présence dans une roche sédimentaire de tourmaline ferromagnésienne en petits cristaux prismatiques terminés par la pyramide hémimorphe, dénués de trace d'usure, ne me paraît pas être un critérium suffisant pour démontrer son origine *in situ* et indiquer l'existence d'un métamorphisme précoce.

GÉOLOGIE. — *Sur le Crétacé du Maroc oriental.*

Note de M. **Georges Choubert**, présentée par M. Charles Jacob.

Le Crétacé des Hauts-Plateaux et de l'Atlas oriental est constitué par les huit termes suivants :

1° *Conglomérats et grès rouges* infracénomaniens (jusqu'à 180^{m}). Connus seulement dans la région atlasique, ils reposent en discordance sur le Jurassique supérieur gréso-marneux rouge ([1]). Les couches inférieures des conglomérats renferment des galets de

---

([10]) La situation géographique des stations a été donnée par L. Dangeard, *An. Inst. Océan.*, 6, 1, 1928, p. 293, 27 fig., 8 pl., 18 cartes.

([1]) *Comptes rendus*, 206, 1937, p. 197.

Jurassique, de Lias et même de quartzites primaires (Meridja Fougania). Ces conglomérats de base sont remplacés au Sud du Mechkakour et à Meridja Tahtania par des calcaires lacustres.

2° *Marnes roses et vertes à gypse* (150 à 200^{m}). Stériles dans le Maroc oriental, elles renferment près de Taouz des écailles de Ganoïdes et des dents du *Ceratodus africanus* qui est connu dans le Cénomanien inférieur du Sahara. Les marnes sont coupées de plusieurs intercalations de calcaires jaunes d'une constance frappante.

3° *Calcaires blancs à silex* du Cénomano-Turonien (70 à 150^{m}) se divisant en trois horizons. Ces calcaires, très résistants à l'érosion, donnent des corniches caractéristiques. La base comporte, en outre des Huîtres africaines classiques, des Échinides [*Tetragramma marticense, Heterodiadema lybicum, Gentilia Chouberti,* etc. (²)], des Rudistes (*Eoradiolites lyratus, Sauvagesia Nicaisei, Preradiolites Biskarensis,* etc.), des Gastéropodes (*Strombus incertus, Pterodonta Dutrugei, Nerinea,* etc.), des Bivalves et des Polypiers du Cénomanien supérieur.

Un deuxième niveau (calcaire en plaquettes à silex passant au Sud de la chaîne majeure à des craies blanches) marque la limite entre le Cénomanien et le Turonien. Il a fourni *Neolobites Vibrayeanus, Engonoceras Thomasi,* associés à des Ammonites turoniennes (*Pachydiscus peramplus, Fagesia thevestensis, Thomasites Meslei, Th. Rollandi, Mammites* cf. *nodosoides*) et à *Rostellaria marocana* et *Astarte Seguenzæ.*

Enfin la masse principale des calcaires blancs est nettement turonienne avec *Neoptychites cephalotus, Clitopygus angustior, Astarte Seguenzæ,* etc.

Le Cénomano-Turonien s'amincit notablement vers l'Est (30^{m} à Tendrara) et vers le Nord (15^{m} au Guelb et Raza, Nord du Rakkame). Au Sud du Haut-Atlas il atteint son épaisseur maximum (près de 200^{m} dans les gorges du Guir).

4° *Marnes rouges* (Turonien supérieur, Coniacien?) intercalées de calcaires jaunes contenant par places des petits Gastéropodes. Elles admettent du gypse le long du pied nord du Grand Atlas (entre Meridja et Ksar Keddou). L'épaisseur de l'assise varie entre 150 et 360^{m}.

5° Une deuxième corniche, constituée par du *calcaire jaune* à débris d'Huîtres (*O. Tunetana* et autres), appartient déjà au Santonien. Elle est datée par *Phymosoma Solignaci* et *Procassidulus* cf. *linguiformis* et contient de nombreux Gastéropodes et Lamellibranches. Ces calcaires prennent de l'importance vers l'Est ainsi qu'à l'intérieur de la zone atlasique (Dir el Abiod) et atteignent 80^{m} d'épaisseur. Dans le Rekkame, les termes 4 et 5 ne forment qu'une seule assise de calcaires roses à *Cérithes* (Tinaf).

6° *Une troisième série marneuse* (plus de 100^{m}), encore santonienne, est d'origine marine. Ce sont les *marnes vertes* à *Alectryonia Nicasei,* contenant des géodes de quartz hyalin et des concrétions de calcédoine. Elles alternent avec des calcaires jaunes à glauconie. En plus des bancs d'Huîtres (*A. Nicasei, A. dichotoma, A. Forgemoli*), elles contiennent *Phymosoma Raguini* et *Hemiaster Fourneli.*

(²) J. LAMBERT, *Notes et Mémoires du Service des Mines du Maroc,* 39, 1937, p. 72-82.

A l'intérieur de l'Atlas, ainsi que le long de son pied nord (Tradit), les marnes à *A. Nicasei* font défaut et le calcaire santonien est surmonté par un complexe de grès rouges et conglomérats.

7° Le Santonien fossilifère est suivi de *calcaires à patine rose* sans fossiles (10-25^{m}) qui ne sont connus que le long de la bordure sud-est de la plaine de la Moulouya et dans quelques synclinaux de la zone des plis marginaux du Nord.

8° *Le terme final du Crétacé* est représenté dans la Chebka Khla, près d'Ouizert, au Sud de Missour, dans la région qu'étudie M. G. Dubar. Il s'agit de *Calcaires à silex* sans fossiles.

Ainsi le Cénomanien et le Turonien, datés par des faunes classiques, correspondent à l'extension maxima des mers crétacées qui couvraient le Sud-Est marocain, depuis Guelb et Raza (Rekkame) au Nord jusqu'à Tendrara à l'Est et Zegdou au Sud. Ensuite (terme 4) les marnes rouges indiquent un retrait général et l'établissement du régime lagunaire. Au Santonien, une nouvelle transgression moins étendue que la précédente vint de nouveau couvrir la région ; elle a localement dépassé l'Atlas.

L'érosion tertiaire supprimant les couches terminales du Crétacé empêche aujourd'hui de reconstituer le détail de la régression post-santonienne. Cependant, à titre d'hypothèse, plus à l'Est (Dj. Mahroug, Tendrara), des calcaires jaunes ressemblant à ceux du Santonien inférieur (terme 5) apparaissent au milieu d'une puissante série rouge couronnée par des calcaires siliceux (³). Il est probable que cette série rutilante est l'équivalent des termes 4-7 et que les calcaires siliceux qui la surmontent, comparables à ceux de la Chebka Khla (terme 8), puissent correspondre à une troisième et dernière avancée de la mer.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure de la région occidentale du versant méridional de la Montagne Noire (Aude-Hérault).* Note de MM. **Marcel Thoral** et **Bernard Gèze**, présentée par M. Charles Jacob.

L'un de nous a signalé (¹) que la majeure partie des calcaires paléozoïques affleurant au Nord de Villeneuve-Minervois doivent être rangés dans le Gothlandien-Dévonien et non dans le Géorgien comme l'indiquent les cartes actuelles. Par suite le schéma tectonique classique de cette région doit être modifié.

(³) Ph. Russo, *Annales de l'Université de Lyon*, 46, 1927, p. 122.

(¹) M. Thoral, *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, 16, 1938, p. 308-309.

Dans le territoire Cabardès-Minervois-Saint-Ponais, nous voyons toujours deux séries de formations paléozoïques : d'une part, un substratum Cambrien-Ordovicien inférieur, vraisemblablement autochtone; d'autre part, une couverture Ordovicien supérieur-Dévonien transgressive ou charriée sur le substratum.

Ces deux séries ont été plissées en commun lors de l'orogénèse hercynienne. Les anticlinaux du substratum montrent dans leur région axiale le complexe schisto-gréseux de Marcory, tandis que le bon niveau repère des calcaires à *Archæocyathus* géorgiens se développe plus ou moins sur chacun de leurs flancs. Les synclinaux de la couverture offrent une succession remarquable de calcaires à entroques d'âge Gothlandien-Dévonien inférieur et, localement, des marbres griottes du Dévonien supérieur.

Tous ces plis sont, dans l'ensemble, orientés WSW-ENE comme la bordure méridionale de la zone axiale métamorphique; le flanc SSE des synclinaux révèle des étirements ou des failles et les anticlinaux sont fréquemment déversés vers le NNW; de plus, aux environs de Ferrals-les-Montagnes, ils ont été violemment serrés contre le saillant gneissique Lespinassière-Labastide-Rouairoux; aussi note-t-on dans cette région de nombreux laminages et chevauchements dont l'étude de détail n'est pas achevée, mais de part et d'autre de ce segment on retrouve les mêmes unités tectoniques comprenant les mêmes formations offrant les mêmes faciès.

Partant de la bordure N du causse nummulitique de Minerve et gagnant vers le Nord, nous distinguons dans le substratum :

L'anticlinal du Montaud, qui se développe depuis la vallée de l'Ognon, près de Camplong (F. de Carcassonne), jusqu'à Rieussec (F. de Bédarieux). Près de son extrémité SW, il dégénère en pli-faille et les lames de calcaires géorgiens de son flanc NW viennent chevaucher les schistes ordoviciens fossilifères du synclinal suivant. A son extrémité NE, un décrochement le rejette vers le N et nous voyons son prolongement dans l'anticlinal de Marcory.

Le synclinal de Cassagnolles, dont la région axiale présente une belle série de schistes et grès de l'Ordovicien inférieur.

Un anticlinal, dont l'axe doit passer approximativement par Limousis, Montbonous (F. de Carcassonne), le Rocher de Roquedaut, le Mont Cayroux, Balagou (F. de Castres), et qui paraît se poursuivre vers Bégot-Haut (F. de Bédarieux). Les calcaires géorgiens du flanc SE de ce pli affleurent suivant une longue bande continue depuis le S de Salsigne, au SW, jusqu'au nord de Saint-André, au NE; ils se morcellent ensuite et donnent les petits affleurements des environs de Cassagnolles et la bande calcaire Ferrals-Lucarnis. Le flanc NW de cet anticlinal est moins visible; on peut néanmoins lui attribuer les alternances de calcaires marmoréens et de grès à faciès

Pardailhan qu'on observe à l'Est de Villanière, près de Fournes, au S de Castanviels (F. de Carcassonne) et, peut-être, l'affleurement de Crouzet, au SE des Verreries-de-Moussans, au NE de la zone brouillée (F. de Castres).

Au N de ce dernier anticlinal, nous n'avons plus trouvé de formations datées, aussi ne nous est-il pas possible de dire si le substratum Cambrien-Ordovicien inférieur monte sur la zone axiale métamorphique ou bien s'il est à l'origine de celle-ci.

Dans la couverture Ordovicien supérieur-Dévonien, nous trouvons :

Un *premier synclinal*, presque en bordure des formations métamorphiques. Il commence à Villanière, au SW (F. de Carcassonne), et se suit en continuité jusqu'à Masnaguine, au NE, au pied occidental du Rocher de Roquedaut (F. de Castres). De sa bordure N, à deux kilomètres environ à l'W de Cabrespine, se détache un petit synclinal qui passe aux Sériès, va s'élargissant vers l'W par les Ilhes, Carrus, le Cammazou, Canecaude et disparaît sous le Tertiaire dans le fond du ruisseau de Capservy (F. de Carcassonne). Sur la feuille de Castres, au N du Rocher de Roquedaut, la couverture Ordovicien supérieur-Dévonien paraît manquer totalement. Plus loin, vers le NE, elle constitue peut-être les lambeaux de la Balme (cote 735), la Pode et Peyrefiche. En tout cas, à partir des Verreries-de-Moussans, elle s'élargit de nouveau, gagne Courniou, puis, sur la feuille de Bédarieux, Saint-Pons et Olargues, dans la vallée du Jaur.

Le grand *synclinal de Caunes*, quelques kilomètres au S du précédent, bien visible depuis la Vallée de l'Orbiel, au SW (F. de Carcassonne), jusqu'à Saint-André, au NE (F. de Castres). On pourrait interpréter comme son prolongement vers le NE un synclinal qui apparaît dans les environs du Saint-Bauzille (F. de Castres) et se poursuit dans la direction de Cavenac et Bégot-Bas (F. de Bédarieux).

Pour compléter cette esquisse, nous ajouterons que, très généralement, sous les calcaires des synclinaux de la couverture, apparaissent des schistes et des grès tectonisés et quartzifiés. Les schistes lustrés avec plaquettes déformées à Bryozoaires de l'Ordovicien supérieur sont entre les formations injectées de quartz et les calcaires Gothlandien-Dévonien. En outre, localement, il semble que les plis de la couverture interfèrent avec ceux du substratum, les deux séries paraissent alors complètement indépendantes l'une de l'autre. Les recherches ultérieures permettront, peut-être, d'apporter une explication satisfaisante de ces faits.

HYDROLOGIE. — *Surface piézométrique d'une nappe d'eau aquifère alimentant un nombre quelconque de puits artésiens.* Note de M. **René Humery**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Un puits artésien, c'est-à-dire pratiqué sur une couche de sable aquifère sous pression, détermine une surface piézométrique, dont l'équation a été

calculée par les auteurs, en s'appuyant sur la loi de Dupuit, mais seulement dans le cas où le puits est unique. Si l'on suppose la couche sableuse limitée par un affleurement circulaire de rayon R, et si H est la charge hydrostatique, la surface piézométrique, qui est de révolution, a pour méridienne la courbe

$$Z = H \frac{\text{Log}\,R - \text{Log}\,x}{\text{Log}\,R - \text{Log}\,r},$$

en prenant l'axe des x dans le plan hydrostatique, et en dirigeant l'axe positif des z vers le bas.

Dans cette expression r ne doit pas, contrairement aux auteurs, être égalé au rayon du tubage; car, à son extrémité inférieure, la vitesse de l'eau atteint un mètre par seconde, vitesse supérieure à celle qui est suffisante pour entraîner les grains de sable à l'extérieur.

De fait, il se produit à la base du puits une *poche* vide, qui, dans les anciens puits, se remplissait naturellement d'un sable plus gros et que, de nos jours, on comble avec des graviers, pour laisser passer l'eau sans perte de charge. La longueur r est donc mal connue, car elle représente en gros le rayon moyen de la poche, mais comme elle n'intervient, de même que R, que par son logarithme, il est inutile de rechercher une grande précision.

Si l'on considère un premier puits artésien jaillissant, la surface piézométrique, qu'il détermine, jouerait pour un nouveau puits le rôle de la surface hydrostatique initiale, à condition que la vitesse de l'eau au point considéré soit négligeable : ainsi la baisse due à ce nouveau puits s'additionnerait à la première.

De fait, dans la couche artésienne de sables verts du Bassin de Paris, la vitesse de l'eau à une distance de 1^{km} des puits se réduit à un millimètre à l'heure. Mais, si faible que soit cette vitesse, son rôle ne saurait être considéré comme nul; car, sans vitesse, la surface piézométrique se réduirait au plan hydrostatique. Mais d'autre part, les calculs exacts deviennent rapidement inextricables, et l'on est obligé de faire des hypothèses simplificatrices.

L'analyse du phénomène amène à remplacer la charge hydrostatique H_i du puits i par sa fraction $k_i H_i$ $(0 < k < 1)$. Si donc il existe n puits artésiens, la baisse piézométrique totale en un point situé aux distances $\rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_n$ est

$$Z = \sum_1^n k_i H_i \frac{\text{Log}\,R - \text{Log}\,\rho_i}{\text{Log}\,R - \text{Log}\,r_i}.$$

L'intérêt de la méthode consiste dans le fait qu'il est possible de calculer les coefficients k_i ou de les éliminer. En effet, à la distance $\rho = r$ d'un puits déterminé, la perte de charge est précisément égale à la charge hydrostatique. D'où n équations de la forme

$$H_p = \sum_1^n k_i H_i \frac{\operatorname{Log} R - \operatorname{Log} Dpp'}{\operatorname{Log} R - \operatorname{Log} r_i},$$

dans lesquelles Dpp' désigne la distance du puits p au puits p', et où $Dpp = r_p$.

En éliminant les n coefficients k_i entre les $n+1$ équations et après simplifications, l'équation générale de la surface piézométrique se présente, en coordonnées multipolaires, sous forme du déterminant

$$\begin{vmatrix} Z & \operatorname{Log}\frac{R}{\rho_1} & \operatorname{Log}\frac{R}{\rho_2} & \cdots & \operatorname{Log}\frac{R}{\rho_n} \\ H_1 & \operatorname{Log}\frac{R}{r_1} & \operatorname{Log}\frac{R}{D_{1,2}} & \cdots & \operatorname{Log}\frac{R}{D_{1,n}} \\ H_2 & \operatorname{Log}\frac{R}{D_{2,1}} & \operatorname{Log}\frac{R}{r_2} & \cdots & \operatorname{Log}\frac{R}{D_{2,n}} \\ \cdots & \cdots\cdots & \cdots\cdots & \cdots & \cdots\cdots \\ H_n & \operatorname{Log}\frac{R}{D_{n,1}} & \operatorname{Log}\frac{R}{D_{n,2}} & \cdots & \operatorname{Log}\frac{R}{r_n} \end{vmatrix} = 0.$$

Dans le développement de ce déterminant, on retrouve les coefficients k (coefficients de H_i, divisés par le mineur de Z) qui mesurent la perte relative de charge du puits i.

Cette méthode élimine automatiquement la recherche des coefficients de perméabilité, qui sont mal connus et varient sans doute avec la pression.

L'équation en Z permet donc de calculer le niveau piézométrique d'un champ artésien en un point quelconque et d'en tirer toutes applications pratiques. Les vérifications ont été satisfaisantes et l'erreur inférieure à 50cm pour une charge hydrostatique d'une centaine de mètres.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Mesures de la conductibilité et de l'ionisation de l'air dans les Alpes (Travail du Sanatorium des Étudiants de France et de la Chaire d'Hydrologie thérapeutique et de Climatologie de la Faculté de Médecine de Lyon).* Note de M. **J. Moussiegt**, présentée par M. Charles Maurain.

Ces mesures ont été effectuées sur le Plateau des Petites-Roches (altitude 1150^m), situé au pied de la Dent de Crolles (2066^m, Grande-Chartreuse) et dominant la vallée de l'Isère. Nous disposions d'un compteur d'ions d'Israël, employant une méthode de charge : l'armature isolée d'un condensateur cylindrique se charge par l'apport des ions et l'on détermine le courant au moyen d'un électromètre de Lindemann. La sensibilité a pu être portée à 1600 divisions par volt, tout en ayant une aiguille suffisamment stable. Les mesures ont été faites autant que possible à la même heure (10^h T. M. G.).

Notre appareil ne nous a permis que rarement de bonnes déterminations de l'*ionisation totale*. De 23 mesures (entre le 16 juillet 1937 et le 10 juillet 1938) on déduit les moyennes suivantes qui fixent l'ordre de grandeur :

Nombre total d'ions positifs (petits et gros)	2214 par cm^3
Nombre total d'ions négatifs (petits et gros)	2335 »

Les mesures de la *conductibilité* de l'air et du *nombre des petits ions* ont été plus faciles. Nous les avons poursuivies avec la plus grande continuité possible du 13 décembre 1937 au 10 juillet 1938. Voici les moyennes qu'elles ont fournies :

Conductibilité de l'air (159 mesures)	par les ions positifs	$0,431 . 10^{-4}$ u. e. s. C. G. S.
	par les ions négatifs	$0,374 . 10^{-4}$ »
	totale	$0,805 . 10^{-4}$ »
Nombre de petits ions (110 mesures)	positifs	195 par cm^3
	négatifs	150 »

Les gros ions n'étant pas très nombreux, n'interviennent pratiquement pas dans la conductibilité de l'air. C'est pourquoi nous avons pu calculer à partir de la conductibilité et du nombre des petits ions la *mobilité* de ceux-ci, dont la moyenne (d'après 93 mesures) est :

Pour les ions positifs	1,37 (cm/s par volt/cm)
Pour les ions négatifs	1,56 »

Nous avons aussi voulu nous rendre compte de l'allure et de l'importance de la variation diurne. Douze séries journalières de mesures ont montré l'existence d'un minimum de la conductibilité au milieu de la journée; mais l'examen de chaque variation diurne semble indiquer une variation plus complexe, avec un maximum secondaire encadré par deux minima. Cette variation est celle du nombre des petits ions, cependant une légère variation de la mobilité (avec un minimum diurne) est probable.

Alors que l'influence de la température et de l'humidité se dégage mal de nos nombres, il apparaît que *la conductibilité dépend de l'origine des masses d'air* baignant la région. C'est ce qui ressort du tableau suivant présentant les moyennes dans l'ordre décroissant.

Air tropical maritime...............	$1,171.10^{-4}$	u.e.s.	(11 cas)
Air polaire maritime...............	0,866	»	(75 »)
Air méditerranéen...................	0,779	»	(18 »)
Air continental......................	0,675	»	(29 »)
Air stagnant ou mal caractérisé.......	0,636	»	(26 »)

D'autre part le passage des systèmes nuageux s'accompagne de variations importantes de la conductibilité. Dans les *intervalles*, où règne le beau temps, on a observé une moyenne de $0,663.10^{-4}$ u.e.s. (55 cas) bien inférieure à la moyenne générale ($0,805.10^{-4}$). Le *corps* des systèmes nuageux augmente la conductibilité, d'autant plus qu'il s'agit d'une perturbation plus énergique. Pour les systèmes orageux, la hausse est à peine sensible. Elle se manifeste déjà avec le *front* et aussi en *marge*, à un degré moindre. Ce sont les zones d'instabilité (*traîne*) et les zones brumeuses (*zones de liaison*) qui amènent les plus faibles conductibilités; quelques mesures dans le brouillard ont fourni des valeurs de l'ordre de $0,250.10^{-4}$, la moindre ayant été de $0,067.10^{-4}$. L'influence de l'origine des masses d'air serait mieux mise en évidence si l'on considérait uniquement les mesures effectuées dans les intervalles, mais notre nombre d'observations devient ici trop petit pour que les résultats soient probants; notons seulement que c'est dans l'air polaire maritime que la conductibilité par beau temps paraît la moins élevée (moyenne de $0,556.10^{-4}$ pour 16 mesures).

En suivant jour après jour la variation de la conductibilité, on voit comment elle est commandée par les conditions météorologiques, les maxima étant obtenus dans l'air tropical ou dans l'air polaire maritime des corps de systèmes nuageux.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Comparaison de sismographes électromagnétiques.* Note de M. **Gaston Grenet** et Mme **Paul Queney**, présentée par M. Charles Maurain.

Depuis 1929, plusieurs nouveaux sismographes électromagnétiques ont été proposés. Avant de mettre au point de nouveaux appareils nous avons voulu examiner quels résultats on pouvait obtenir avec des appareils d'essais dont il était facile de modifier les caractéristiques.

Un premier sismographe horizontal a, pour les périodes supérieures à 2 secondes, des caractéristiques analogues à celles d'un sismographe à amplification mécanique de 16 secondes de période. Un second est aussi un sismographe horizontal, mais son amplification est sensiblement proportionnelle à la fréquence pour des périodes comprises entre 1 et 40 secondes. Le premier appareil est du même type que l'appareil original de Wenner (1); le deuxième sera appelé appareil type Benioff longue période, parce que ses caractéristiques se rapprochent de ce genre d'appareil (2). Toutefois, afin de faire varier plus facilement ses caractéristiques, il a été constitué d'une façon toute différente : pendule de 15^{kg} (au lieu de 100), période 8 secondes (au lieu de 0,5), galvanomètre période 9 secondes (au lieu de 30 secondes ou même 1 minute). Un choix convenable des amortissements permet d'obtenir les caractéristiques désirées et surtout facilite grandement les modifications de sensibilité pour les petites périodes.

Une autre particularité réside dans le fait que la liaison entre le pendule et le galvanomètre est établie au moyen d'un pont de Wheatstone dont le galvanomètre forme l'une des diagonales et le pendule un des bras. Dans ces conditions si l'on envoie la décharge d'un condensateur dans le pont préalablement équilibré, elle passe uniquement dans le pendule auquel elle communique une certaine impulsion. Ce choc, toujours le même, appliqué au pendule, provoque un certain mouvement du galvanomètre qui est enregistré, ce qui permet de vérifier l'étalonnage de l'appareil. Il est à noter qu'un choix convenable des valeurs des résistances du pont permet d'appliquer ce procédé à tout sismographe électromagnétique sans en modifier les caractéristiques.

---

(1) *Bureau of Standards Journal of Research*, 2, 1929, p. 963.
(2) Benioff, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 22, 1932, p. 155.

Les constantes des deux appareils peuvent être définies par le tableau ci-après, qui donne leur amplification pour des mouvements sinusoïdaux du sol de diverses périodes.

Période en secondes.......	0,2.	0,4.	1.	2.	5.	10.	20.	50.
Amplification Wenner...	47	96	257	470	920	890	370	150
Amplification Benioff....	10 700	11 500	7 100	4 200	1 760	830	380	233

Les deux pendules ont été orientés Est-Ouest et la comparaison a porté sur les périodes du 16-7-1938 au 13-8-1938 et du 4-9-1938 au 3-11-1938. Parmi les enregistrements obtenus, nous avons retenu 13 séismes lointains particulièrement caractéristiques pour la comparaison.

Le sismographe type Benioff amplifiant mieux les courtes périodes, donne une meilleure inscription des ondes du type P; toutefois cet avantage n'est vraiment sensible que pour le séisme du 23 octobre à $15^h 12^m$. Par contre, les ondes du type S sont beaucoup plus distinctes avec un appareil du type Wenner, précisément parce que les P et les microséismes à courte période sont moins amplifiés. Les ondes longues sont bien enregistrées avec l'un et avec l'autre appareil.

De cette comparaison, qui ne s'applique en toute rigueur qu'aux appareils essayés, on peut cependant déduire qu'un appareil du type Wenner est excellent pour l'étude de toutes les phases d'un téléséisme. Pour en faire un appareil universel il faudrait lui conserver une bonne amplification pour les ondes à courte période des séismes proches, de plus il y aura lieu de rechercher quelles sont les valeurs optima de la période et de l'amortissement.

Dans ce but nous avons mis en service un nouveau sismographe du type Wenner, mais amplifiant bien les courtes périodes (jusqu'à 0,2 seconde) et amplifiant les ondes des téléséismes comme un Wenner normal. Bien que l'agitation microséismique ait gêné les essais, cet appareil répond bien à ce que nous attendions de lui, puisqu'il a donné une excellente détermination du léger séisme ressenti à Saint-Marcellin à 180^{km}, le 8 décembre 1938 à $7^h 36^m$.

Afin de bien préciser notre point de vue au sujet des qualités d'un appareil type Wenner, il convient de noter que si nous pensons qu'il constitue un excellent appareil universel, par contre nous convenons que pour une station de premier ordre il est préférable de posséder des appareils plus sélectifs, par exemple : Galitzin, Benioff courte période, spécialisés chacun pour l'étude d'ondes d'un type donné.

BOTANIQUE. — *Un genre archaïque de Cucurbitacées de Madagascar.* Note de M. **Henri Humbert**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Il existe dans la végétation xérophile du sud et du sud-ouest de Madagascar, deux espèces voisines de lianes à feuilles persistantes très charnues, entières, arrondies, pourvues de vrilles insérées latéralement au voisinage des pétioles. Assez répandues, elles avaient été envoyées au Muséum par les premiers explorateurs, mais, faute de fleurs et de fruits, elles n'avaient pu être étudiées. Mes investigations de 1924, 1928, 1933 et 1934 dans ces contrées, et, entre temps, celles de MM. R. Decary et H. Perrier de la Bâthie, ont procuré une belle série d'exemplaires avec fleurs des deux sexes (ce sont des plantes dioïques) et fruits à tous les stades.

Il s'agit incontestablement d'un genre singulier et archaïque de Cucurbitacées, fort intéressant tant au point de vue de la morphologie comparée, de l'organogénèse et de la phylogénie de cette famille difficile, souvent aberrante, qu'à celui des relations floristiques de Madagascar et des autres parties du globe. Ses caractères se résument dans la diagnose suivante :

Xerosicyos gen. nov. (*Cucurbitaceæ-Fevilleæ-Zanoninæ*). — Flores dioici. Florum ♂ receptaculum breviter cupulare; sepala 4, lanceolata; petala 4, in alabastro apice introflexa, quorum 2 opposita marginibus tecta, dein patula, ovato-acuminata; stamina 4, libera, alternipetala, aequelia, filamentis basi ad centrum disci approximatis, erectis, superne incrassatis et exterius inflexis, antheris dorsifixis, transversis, reniformibus, unilocularibus (rarissime fl. ♂ nonnulli 3-vel 5-meri). Pistillodium sæpius nullum. Florum ♀ receptaculum longe obconicum; sepala 4, ad mediam longitudinem ovarii margine transversali receptaculi adhaerentis inserta; petala 4, iis fl. ♂ similia; staminodia plerumque 4, ad basim petalorum tegentium bina; ovarium semi-inferum, primo adspectu biloculare, revera uniloculare sed placentis parietalibus 2 oppositis, crassis, superne latissimis, ad basim sensim angustatis, inter se contingentibus; ovula 4, in parte superiore placentarum utroque latere singulariter affixa, pendula, anatropa; styli 2, arcuato-conniventes, stigmatibus crassis undulatis subbilobatis coronati. Fructus obconico-compressus, apice truncatus vel late emarginatus, pericarpio parum incrassato, primum subcarnoso, dein indurato, rima superiore inter stylorum vestigia late segregata dehiscente; semina oblonga, compressa, ala oblonga omnino cincta. Frutices carnosi, scandentes, primo adspectu glabri sed pilis compositis minimis in partibus juvenilibus praediti. Folia alterna, petiolo basi articulato, integerrima, suborbicularia vel ovata, crassa, enervia. Cirrhi plerumque bifidi. Flores minimi, flavo-virides, pedicellis basi articulatis, ♂ in fasciculis umbelliformibus, axillaribus, condensati; ♀ eodem modo vel in paniculam laxiusculam dispositi.

Les deux espèces se distinguent de la façon suivante :

X. Danguyi nov. sp. — Rami subtereti, costulis 10-16 extra obsoletis sed in sectione transversa pericycli distinctis prædìti, validi (ultimi 3-5^{mm} diam.). Folia pro rata magna, conspicue petiolata, crassissima (petiolo 9-15^{mm} longo, limbo 35-55^{mm} longo, 25-50^{mm} lato, ca. 5^{mm} crasso). Florum ♂ corolla ca. 7^{mm} diam. Fructus (12-14^{mm} longus, 10-12^{mm} superne latus) longe pedicellatus (pedicello ca. 25^{mm} longo). Typus : H. Humbert n° **2420**. Madagascar Sud; remonte dans l'ouest jusqu'au Mangoky.

X. Perrieri nov. sp. — Rami tereti, costulis extra distinctissimis 8, pro rata graciles (ultimi 2-3^{mm} diam.). Folia parva, brevissime petiolata, parum crassa (petiolo 1-1,5^{mm} longo, limbo ca. 20^{mm} longo, 16-18^{mm} lato, 1^{mm} crasso). Florum ♂ corolla ca. 5^{mm} diam. Fructus (12-20^{mm} longus, 9-14^{mm} ore latus) breve pedicellatus (pedicello 2-5^{mm} longo). Typi : H. Perrier de la Bâthie, n^{os} **1994**, **2707**, **18659**. Madagascar Sud; remonte dans l'ouest jusqu'à Maintirano et à l'Antsingy (Bemaraha).

La tribu des Févilléées, dans laquelle se place ce genre, est nouvelle pour Madagascar. Le genre *Xerosicyos* s'apparente de près au genre indo-malayo-papou *Zanonia* L. et d'un peu plus loin au genre africain *Gerrardanthus* Harv., mais ceux-ci, ainsi que les autres genres de la sous-tribu des Zanoninées actuellement connus, ont un ovaire à 3 placentas et à 3 styles, des graines différentes; les *Zanonia* ont moins de sépales (3 ou 4) que de pétales (5) et d'étamines (5); les *Gerrardanthus* ont un périanthe pentamère et 5 étamines dont une imparfaite aux fleurs ♂; en outre leurs feuilles sont membraneuses et non charnues. Il y a lieu d'élargir les diagnoses des Févilléées et des Zanoninées pour y inclure ce nouveau genre bicarpellé.

Les fleurs des *Xerosicyos* sont remarquables par la simplicité de leur organisation combinée à la fluctuation de caractères importants dans chacun de leurs verticilles. Aucune Cucurbitacée ne présente un tel minimum de concrescences dans la structure florale. Les fleurs ♂ sont normalement 4-mères (comme les verticilles externes des fl. ♀), mais parfois une même inflorescence offre en mélange quelques fl. ♂ 3- ou 5-mères; sépales, pétales et étamines sont libres et régulièrement alternes; dans *X. Perrieri*, un pistillode s'y ajoute assez souvent. Dans les fleurs ♀, sépales, pétales et staminodes s'individualisent vers la moitié de la longueur de l'ovaire, de sorte que celui-ci est libre dans sa partie supérieure ovulifère; les staminodes sont normalement rapprochés deux à deux en face des pétales recouvrants, et un peu divergents, mais parfois l'une des deux paires de staminodes est remplacée par un staminode isolé, droit, exactement oppositipétale; les deux paires peuvent même être remplacées ainsi chacune par un seul staminode. Les placentas, quoique étroitement

affrontés, ne contractent entre eux aucune soudure. Les feuilles elles-mêmes, isofaciales, à 5 faisceaux libéroligneux principaux en disposition palmée, sont du type le plus simple. La tige possède des groupes de tubes criblés périmédullaires, lesquels manquent dans les genres alliés.

Les considérations précédentes s'ajoutent aux particularités de la distribution géographique des deux genres les plus voisins pour permettre de conclure que le g. *Xerosicyos* appartient à l'élément floristique le plus ancien de l'île, et fait partie d'un groupe phylétique dont il s'est individualisé par ségrégation depuis les époques lointaines de rupture des connexions indo-malgaches d'une part et africano-malgaches d'autre part.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'action de la colchicine sur les cellules végétales.* Note de M. **Georges Mangenot**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Les remarquables travaux de Dustin et de ses collaborateurs, auxquels on doit de connaître l'action caryoclasique de la colchicine sur les cellules animales, devaient susciter des recherches parallèles sur les cellules végétales : Dustin, Havas et Lits ont, les premiers, abordé cette étude; puis les travaux de Gavaudan, Havas, Nebel, Levan et les nôtres ont fait connaître de nombreux faits nouveaux sur ce même sujet. Nous résumerons, dans cette Note, certaines conclusions générales auxquelles nous ont conduit, jusqu'à présent, nos investigations; celles-ci ont porté sur les racines de diverses Angiospermes (*Vicia Faba*, *Lupinus albus*, *Ricinus communis*, *Veronica Beccabunga*, *Allium Cepa*, *Hyacinthus orientalis*) traitées, pendant des temps très variés, par des solutions de colchicine à 1/2000 dans du liquide de Knop.

I. Les seules parties de la racine sensibles à l'action de la colchicine sont, d'une part le méristème apical, d'autre part les ébauches radicellaires; les ébauches radicellaires les plus jeunes, à peine distinctes des autres éléments péricycliques, sont révélées, dans les racines traitées, grâce à leur vive réaction à l'alcaloïde. Dans ces objets, la colchicine est exactement, suivant l'expression de Dustin, un réactif de l'*imminence caryocinétique*.

II. La colchicine n'élève en aucun cas, mais au contraire, déprime toujours, suivant une courbe plus ou moins régulière, le nombre des caryocinèses, évalué d'après les prophases.

III. La caryocinèse colchicinique (*stathmocinèse* de Dustin) a été précé-

demment décrite (1); on soulignera que les caractères atypiques de cette mitose paraissent dépendre exclusivement d'un défaut de fonctionnement du fuseau : la disposition du réseau de chromatine ou des prochromosomes dans les noyaux interphasiques, les processus prophasiques, la structure et le clivage des chromosomes n'offrent, dans la stathmocinèse, aucun caractère franchement anormal. Mais ces cinèses, qui conduisent à la formation de noyaux polyploïdes (d'où l'utilisation de la colchicine par les généticiens : Blakeslee, Simonet), ne se succèdent pas indéfiniment dans les méristèmes des racines soumises à l'action de l'alcaloïde; après un temps de séjour variable dans la solution active (par exemple une dizaine de jours pour *Allium Cepa*), les stathmocinèses s'arrêtent définitivement; dès lors, les noyaux ne peuvent plus entrer en prophase, même si un milieu de culture normal est substitué au milieu colchiciné.

IV. La colchicine produit encore d'autres troubles remarquables.

D'une part les *fragmentations de noyaux* sont très fréquentes dans le méristème apical ou les ébauches radicellaires des racines colchicinées; il s'agit, soit d'amitoses plus ou moins typiques, soit d'une segmentation en micronoyaux plus ou moins nombreux. Ce phénomène intervient avec d'autant plus d'intensité que le séjour dans le milieu colchiciné a été plus prolongé : par exemple, dans des racines d'*Allium Cepa* soumises, pendant quinze jours, à l'action de l'alcaloïde, on observe, à défaut de stathmocinèses, d'innombrables images de fragmentation.

D'autre part il n'est pas douteux que la colchicine peut produire une *augmentation considérable du volume nucléaire*, indépendamment de toute stathmocinèse. Ce processus, surtout, et peut-être même exclusivement, réalisé dans les cellules des ébauches radicellaires les plus jeunes (*Allium Cepa*, *Veronica Beccabunga* : chez ces deux espèces, ébauches radicellaires et méristèmes apicaux réagissent différemment à l'alcaloïde), est très impressionnant : il aboutit à la formation de noyaux gigantesques (par exemple de 100 à 150$^{\mu}$ de grand axe chez *A. Cepa*, espèce dont les noyaux normaux ont un diamètre de 10 à 15$^{\mu}$), capables encore d'entrer en prophase et formant alors des centaines de chromosomes; ceux-ci, clivés longitudinalement et disséminés sur un fuseau géant, sont d'abord normaux; puis (au moins chez *A. Cepa*) ils dégénèrent, s'accolent les uns aux autres,

(1) *C. R. Soc. de Biol.*, **128**, 1938, p. 501; on trouvera dans cette Note l'indication des principaux travaux antérieurs; voir aussi P. et N. Gavaudan, *C. R. Soc. de Biol.*, **128**, 1938, p. 714.

enfin se confondent en plages irrégulières auxquelles la réaction de Feulgen confère un rouge vermillon intense.

V. Des expériences préliminaires permettent d'affirmer que l'action de la colchicine est profondément différente de celle des rayons X ou d'autres agents chimiques, tels que le chloral.

VI. Les caractéristiques les plus générales de l'action de la colchicine peuvent être interprétées de la manière suivante. L'alcaloïde, paralysant instantanément le fonctionnement du fuseau caryocinétique, empêche la division et, par conséquent, la prolifération cellulaire; par contre, il n'apporte immédiatement aucun trouble profond dans le métabolisme général de la cellule; celle-ci reste vivante; sa structure n'est pas altérée; les cellules situées dans la zone d'allongement d'une racine colchicinée sont donc aptes à recevoir et reçoivent les mêmes matériaux nourriciers, les mêmes substances de croissance que les cellules situées au niveau correspondant d'une racine vivant en milieu normal; mais, dans cette dernière, les cellules sensibles aux facteurs de la croissance sont constamment renouvelées par la prolifération du méristème apical; elles ne le sont pas, au contraire, dans la racine colchicinée : d'où l'hypertrophie des cellules de la zone de croissance et la tuméfaction de cette zone. Ce phénomène, qui apparaît longtemps avant la constitution de noyaux polyploïdes ou géants, est bien, comme nous l'avons précédemment montré, un trouble de la croissance [2].

VII. Mais la racine colchicinée finit par souffrir : les stathmocinèses s'arrêtent; les fragmentations nucléaires deviennent plus nombreuses. A ce moment, un processus lent de nécrose peut s'installer. Ou bien, les cellules de l'extrémité de la racine se différencient et cessent alors d'être sensibles à l'alcaloïde : un groupe de trachéides isodiamétriques est formé, dans l'axe de l'intumescence, à l'extrémité du faisceau ligneux, établissant le passage entre celui-ci et le parenchyme environnant; quelques très courts trachéides se forment aussi dans l'axe des ébauches radicellaires encore noyées dans l'écorce et les raccordent au faisceau vasculaire principal. Les nodules radicellaires profonds, l'extrémité tuméfiée de la racine se comportent ainsi comme tous les organes à croissance finie.

---

(2) *C. R. Soc. de Biol.*, 128, 1938, p. 565.

MYCOLOGIE. — *Recherches écologiques sur* Physarum didermoides *Rost, Myxomycète endosporé*. Note de MM. **André Michalski** et **François-Xavier Skupieński**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Une belle colonie de sporanges de *Physarum didermoides* Rost fut trouvée par nous en automne de 1937 sur un tas de débris végétaux aux environs de Wilno. Cette récolte nous a permis d'entreprendre une série de recherches d'ordre écologique, intéressant le domaine des Myxomycètes.

La gélose aux bouillons de carotte et de pomme de terre, la gélose à l'extrait de terre et d'humus, ainsi que la gélose à différentes concentrations de moût de bière, furent utilisées comme milieux de cultures.

Sur les substratums ainsi préparés et stérilisés, nous ensemencions aseptiquement les spores prélevées des sporanges fraîchement récoltés. Les cultures ainsi montées furent gardées à la même température (température de la chambre) et exposées à la même intensité lumineuse. Au bout de trois jours, nous pouvions constater que la surface des substratums riches en substances nutritives (jus de carotte et de pomme de terre, moût de bière) était couverte d'une couche de Bactéries, tandis que les substratums à l'extrait de terre et à l'eau pure en étaient presque complètement dépourvus. Seule la gélose à l'extrait d'humus se couvrait d'une légère couche de Bactéries.

Vers le septième jour après l'ensemencement des Bactéries, à la surface de tous les substratums apparaissent les plasmodes.

Les Bactéries qui se développent dans les cultures sont celles qui vivent en pseudo-symbiose avec le Myxomycète. Quand les plasmodes se forment, ils se nourrissent des Bactéries elles-mêmes d'un côté, et de produits d'hydrolyse du substratum (gélose) de l'autre. Cette hydrolyse est effectuée par les plasmodes en collaboration avec les Bactéries.

Si, dans les cultures sur les substratums riches en substances nutritives, les plasmodes sont vigoureux, ils se fusionnent au bout d'un certain temps pour former un seul grand plasmode qui va bientôt fructifier; sur le substratum maigre et pauvre en Bactéries, les petits plasmodes ne se fusionnent pas, restent toujours pâles et ne fructifient jamais.

Au cours de cette évolution, les petits plasmodes dissolvent très légèrement la gélose en laissant de très faibles empreintes à sa surface. Dans les substratums riches en substances nutritives, et par suite riches en

Bactéries, les plasmodes creusent des trous profonds qui le traversent d'une part à l'autre. Ces trous se font exclusivement aux points où les Bactéries forment d'épaisses agglomérations. Sur les substratums pauvres en substances nutritives et présentant un faible développement de Bactéries, les plasmodes ne creusent jamais de trous.

Les cultures obtenues non pas par l'ensemencement de spores, mais par le transport de fragments de plasmodes d'une autre culture fournissaient toujours des plasmodes normaux, aboutissant aux fructifications normales. Il y a donc ici la régénération à partir d'une masse amorphe plasmodique, de plasmodes différenciés, capables de fructifier. Ces nouveaux plasmodes régénérés peuvent se comporter de différentes façons.

Sur substratum riche en substances nutritives, ils évoluent très vite, grâce au développement intense des Bactéries, et fructifient assez rapidement (plus rapidement que les plasmodes provenant des spores).

Sur substratum pauvre en substances nutritives, l'évolution d'un plasmode régénéré se fait très mal grâce au développement presque nul des Bactéries. Un pareil plasmode, après avoir traîné un certain temps à la surface du substratum, sur lequel il laisse des empreintes assez nettes et bien visibles, meurt sans aboutir à la fructification. La même chose se passe avec les plasmodes provenant des spores ensemencées sur substratum pauvre en substances nutritives. La prospérité du Myxomycète dépend par conséquent étroitement des Bactéries.

Nous pouvions constater également que, dans les cultures dans lesquelles se sont introduits par hasard certains microorganismes étrangers (Moisissures, Bactéries), les plasmodes prospéraient mieux et fournissaient par suite de plus nombreuses fructifications. Ce fait nous a permis de conclure que le *Physarum didermoides* a besoin pour son développement normal d'éléments vivants (Bactéries, Champignons) et n'est pas capable d'utiliser directement le substratum sur lequel il vit. Pour le prouver, nous déposions au voisinage des plasmodes, *cultivés sur les substratums dépourvus de substances nutritives*, des colonies de différentes espèces de Bactéries et nous pouvions constater que les plasmodes s'approchaient immédiatement de celles-ci et les mangeaient complètement.

L'action la plus nette a été obtenue avec *Bacillus mesentericus* (Pflügge) Lehm. et Neum., retiré par nous-mêmes de la terre et cultivé avec succès sur gélose au moût de bière à 8 pour 100. Cette Bactérie fournit d'énormes masses zoogléiques et se prête par conséquent aux opérations de prélèvement. Un fragment d'une pareille masse zoogléique, prélevé et transporté

à l'aide d'une anse de platine stérilisée dans une culture contenant des plasmodes affamés, devenait un véritable point d'attraction pour ces derniers. Au bout de quelques heures, les petits plasmodes, même très éloignés, s'approchaient de la masse bactérienne, mesurant environ 2^{mm^3}, qui disparaissait complètement au bout de 3 à 4 jours et les plasmodes, jusqu'à présent libres, se fusionnaient en un seul plasmode fortement ramifié et de couleur jaune grisâtre. Dans ces conditions le substratum ne subissait aucune destruction. Les plasmodes ainsi fortifiés ne fructifient pas toujours : leur fructification dépend étroitement de la quantité de Bactéries absorbées.

Si le premier transport n'est pas suffisant, le deuxième peut subvenir aux besoins du plasmode en évolution. Celui-ci, après avoir bien mangé, quitte le territoire de la colonie bactérienne et fructifie en un point quelconque du substratum et parfois au voisinage même de la colonie bactérienne. Si, au contraire, on dépose dans la culture du Myxomycète les Bactéries (*B. mesentericus*) mortes, transportées même en grande quantité, elles ne sont pas mangées par le plasmode. Celui-ci continue sa vie misérable et finalement meurt.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Cucurbitacées. Développement de l'embryon chez le* Bryonia dioica *Jacq.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

La tétrade se présente sous deux aspects, ses deux cellules inférieures, *m* et *ci*, étant séparées soit par une paroi oblique, plus ou moins rapprochée de la verticale (*fig.* 2 et 3), soit par une paroi nettement transversale (*fig.* 4). A ces deux sortes de tétrades se rattachent deux séries de formes proembryonnaires.

La première série dérive de la tétrade avec paroi inférieure oblique. Les figures 5, 8, 10, 11, 16, 18, 22, 24, 25 montrent comment se comportent, dans ce cas, les deux cellules *m* et *ci*; avant que *m* ne se segmente verticalement (*fig.* 10) ou obliquement (*fig.* 11), *ci* se divise transversalement et donne deux éléments superposés *n* et *n'* (*fig.* 5, 6, 8, 10, 11); *n'* engendrera un court suspenseur, tandis que *n* contribuera, avec *m*, à la construction d'une hypophyse véritable, génératrice des initiales de l'écorce de la racine et du primordium de la coiffe.

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 686; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 58, 1911, p. 542, et 59, 1912, p. 23.

La deuxième série de formes dérive de la tétrade avec paroi inférieure horizontale (*fig.* 4). Par les figures 4, 7, 9, 12, 19, 20, 28, on voit comment procède alors la segmentation dans les deux éléments *m* et *ci*; *ci*, par division transversale, engendre encore deux cellules superposées *n* et *n'* (*fig.* 7, 9, 12), mais ces deux cellules entrent l'une et l'autre dans la construction du court suspenseur; *m*, par cloisons verticales cruciales (*fig.* 7, 19, 28), produit quatre quadrants hypophysaires dont les processus ultérieurs de division sont étroitement comparables à ceux qui ont été décrits au sujet du *Myosurus minimus* (¹). Dans cette deuxième série de formes, par conséquent, l'hypophyse tire tout entière son origine de la cellule intermédiaire de la tétrade, *m*, comme chez les Renonculacées et les Œnothéracées, tandis que dans la deuxième série de formes elle a double origine, étant engendrée par l'élément *m* et par la cellule *n*, fille de la cellule inférieure *ci* de la tétrade. Aux derniers stades de la vie proembryonnaire (*fig.* 29 à 36), quand, avec les progrès de la segmentation, les traces des premières parois ne peuvent plus être exactement déterminées, il devient impossible de distinguer les formes de l'une ou de l'autre des deux séries.

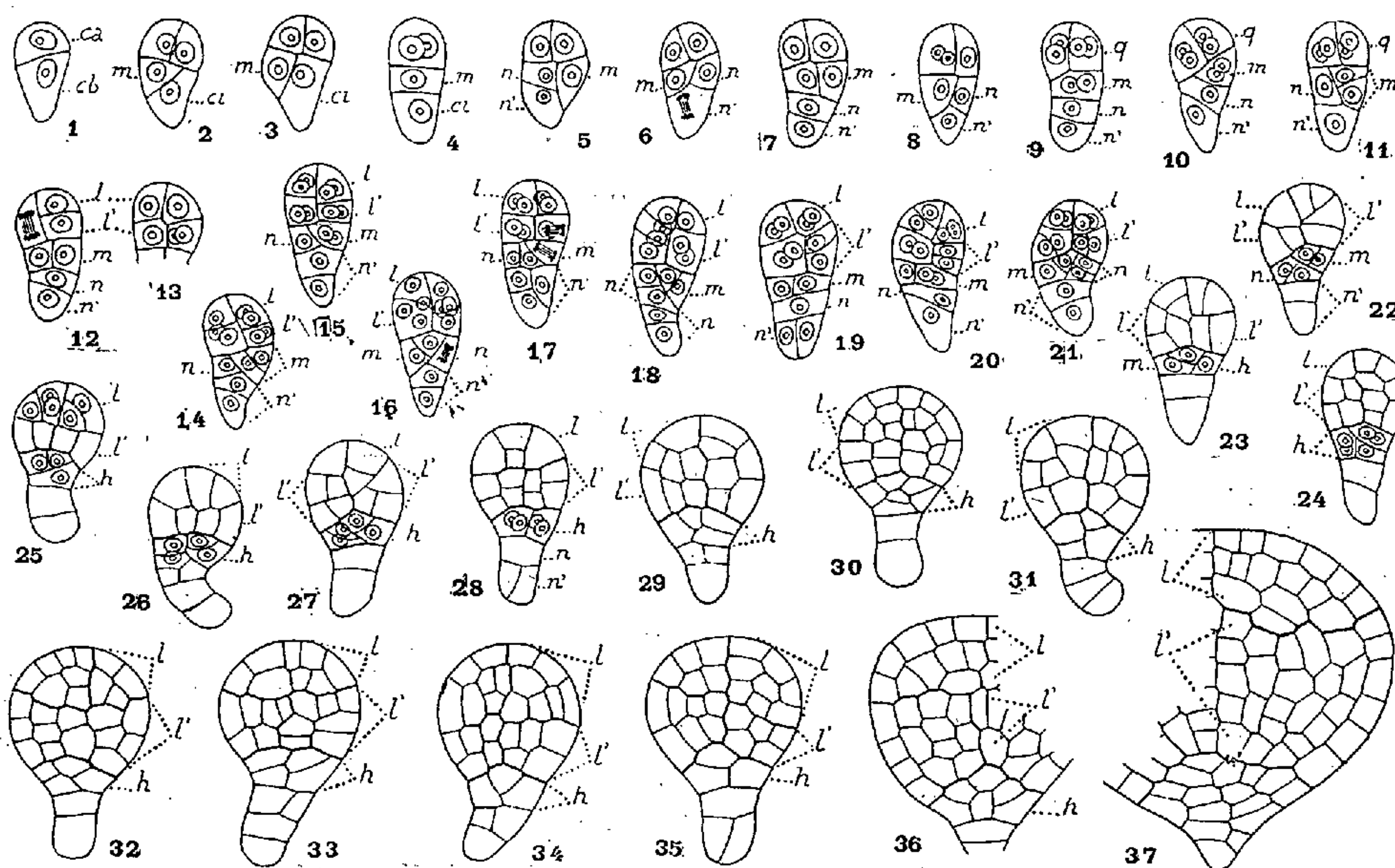


Fig. 1 à 37. — *Bryonia dioica* Jacq. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules filles de la cellule basale; *n* et *n'*, cellules filles de *ci*; *q*, quadrants; *l*, octants supérieurs ou partie cotylée; *l'*, octants inférieurs ou partie hypocotylée; *h*, hypophyse. G. = 300.

Les deux cellules supérieures de la tétrade, toujours juxtaposées, donnent, par divisions verticales (*fig.* 8 à 11), quatre quadrants qui ne paraissent pas dans tous les cas nettement disposés dans un plan horizontal. Aux dépens des quadrants, se constituent huit octants (*fig.* 12 à 16), plus ou moins bien distribués en deux étages *l* et *l'*, engendrant l'un la partie cotylée, l'autre la partie hypocotylée. Dans les octants, les cloisons prennent des directions tantôt longitudinales (*fig.* 21 et 23, à droite, 25, 26), tantôt

transversales (*fig.* 18, 20), tantôt tangentielles (*fig.* 23 à gauche, 25 à droite), tantôt diversement inclinées (*fig* 21 à gauche, 22). L'irrégularité de ces divisions rend la différenciation intérieure très tardive; au terme de la vie proembryonnaire (*fig.* 37), les deux histogènes internes ne sont pas distinctement séparés.

Les affinités des Cucurbitacées sont toujours très discutées. Les données embryogéniques fournies par le *Bryonia dioica* ne peuvent seules livrer la solution du problème. Elles démontrent cependant que les Cucurbitacées s'écartent de toutes les Gamopétales à formes embryonnaires filamenteuses et qu'il faut remonter aux groupes primitifs se rapportant au type embryonomique des Ranales pour trouver le secret de leur origine. On ne saurait, d'autre part, étant donnée la diœcie de la Bryone, considérer les deux séries de formes observées comme étant l'une mâle, l'autre femelle, car, chez des espèces à fleurs hermaphrodites, ont été déjà rencontrées de même plusieurs séries de formes se rattachant à différents types de proembryons, tétra- ou octocellulaires.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Théorie générale de l'action des rayons X sur les éléments biologiques.* Note (¹) de M. **Jean Reboul**, transmise par M. Arsène d'Arsonval.

Crowther, il y a quelques années, proposa une méthode permettant d'évaluer par le calcul l'effet d'une dose donnée de rayons X (déterminée par son intensité et sa durée d'application) sur un ensemble d'éléments biologiques. La loi d'action sur cet ensemble d'individus supposés identiques à tous les points de vue est une loi de hasard, et l'on admet qu'un individu donné sera détruit ou lésé s'il se trouve « atteint » par le rayonnement X un nombre déterminé de fois p; p, qui serait variable selon l'effet cherché, est l'ordre de la réaction biologique considérée. Nous n'envisageons ici que l'action léthale. L'examen des calculs, par ailleurs classiques, montre que les résultats sont indépendants du mécanisme d'action des rayons X sur les cellules, et qu'il n'intervient qu'une constante arbitraire α qui est la probabilité pour qu'une cellule soit « atteinte » par une dose unité de rayons X dans l'unité de temps. Le nombre d'individus survivant à l'application d'une dose q de rayons X supposée administrée dans l'unité de temps par le faisceau de rayons X est donné par la suite

(¹) Séance du 9 janvier 1939.

de Poisson

$$Y = N e^{-\alpha q}\left[1 + \frac{\alpha q}{1!} + \frac{(\alpha q)^2}{2!} + \ldots + \frac{(\alpha q)^{p-1}}{(p-1)!}\right]. \tag{1}$$

Cette formule a pu être vérifiée expérimentalement, du moins les courbes expérimentales ont-elles l'allure générale des courbes définies par l'équation (1). Mais des travaux expérimentaux ont montré qu'il intervient un autre facteur, et le plus souvent le nombre d'individus survivant à une dose q de rayons X est supérieur à celui prévu par la théorie; cette anomalie peut s'interpréter en admettant qu'un certain nombre d'individus échappent à la destruction par les rayons X. Tout se passe comme si un certain nombre des « atteintes » reçues par ces individus étaient inefficaces; il n'existe pas de théorie générale de ce phénomène; la plupart des auteurs qui ont abordé la question l'ont traitée en faisant une hypothèse *a priori* sur la raison de l'inefficacité d'action; de tels calculs courent donc le risque de négliger un facteur qui peut être important, en restreignant la probabilité qui existe qu'une atteinte reste inefficace.

Pour établir une théorie plus générale, à l'hypothèse fondamentale classique nous ajoutons l'hypothèse suivante : il existe une probabilité β pour qu'un élément ne soit pas détruit bien qu'il ait été *atteint* un nombre suffisant de fois p; nous ne supposons rien *a priori* sur la raison pour laquelle cet élément échappe à la destruction par p atteintes, mais nous admettons qu'il puisse être détruit par $p+n$ atteintes. Le calcul peut se poursuivre sur ces bases, et l'on trouve que le nombre d'individus *atteints* moins de p fois et atteints p fois ou davantage mais sans être détruits, donc le nombre d'individus survivant à l'action des rayons X est donné par la formule

$$Y = N e^{-\alpha q}\left[1 + \frac{\alpha q}{1!} + \ldots + \frac{(\alpha q)^{p-1}}{(p-1)!} + \varphi(p, q)\right], \tag{2}$$

$\varphi(p, q)$ est un nombre correctif qui s'écrit

$$\varphi(p, q) = \beta\frac{(\alpha q)^p}{p!}\left[1 + \frac{\beta\alpha q}{2!} + \ldots + \frac{(\beta\alpha q)^n}{(n+1)\ldots(n+p)} + \ldots\right].$$

La formule (2) prend une forme plus remarquable; si l'on désigne par $F(q)$ la suite de Poisson, le nombre d'individus survivant à la dose q est finalement

$$Y = N\{F(q) + \beta^{1-p} e^{-\alpha q(1-\beta)}[1 - F(\beta, q)]\}, \tag{3}$$

et le nombre correctif s'écrit

$$N\beta^{1-p}e^{-\alpha q(1-\beta)}[1 - F(\beta, q)].$$

L'allure générale des courbes définies par l'équation (3) est la même que celle des courbes expérimentales et des courbes définies par l'équation (1) dans la formule (3) se vérifie expérimentalement aussi bien que celle donnée par Crowther. On constate que l'on peut aisément confondre une courbe (1) d'ordre p avec une courbe (3) d'ordre $p - K$. C'est peut-être là une cause du fait que l'on n'a jamais trouvé de réactions biologiques d'ordre I, on sait qu'en effet, l'ordre d'une réaction biologique se détermine d'après une propriété des courbes (1), qui assigne une valeur simple à l'abscisse du point d'inflexion; cette méthode se trouve en défaut si les courbes expérimentales doivent être représentées par la formule (3) et non par la formule (1).

Une révision des résultats tirés de l'application de la formule de Crowther semble donc nécessaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de la saturation oxygénée du sang artériel sur la production d'acide lactique par le muscle strié.* Note de MM. **Marius Piéry**, **Jean Enselme**, **Carlos Peschiera** et Mlle **Marie-Antoinette Nova**, présentée par M. Charles Achard.

Un certain nombre d'anoxies tissulaires sont dues à une anomalie de la distribution de l'oxygène au niveau des tissus. En première appréciation deux facteurs peuvent jouer : la quantité d'oxygène apportée d'une part, la saturation oxygénée du sang artériel de ce tissu d'autre part. Monge [1] a montré que dans certaines polyglobulies d'altitude il existe une teneur élevée d'oxygène assurant une distribution suffisante de ce gaz. Seule la saturation est différente, et cependant on observe des signes cliniques d'anoxie.

Nous avons pensé apporter à la solution de ce problème un argument utile en procédant à une série d'expériences permettant de comparer d'une part la saturation d'un sang artériel, d'autre part la teneur en acide lactique de muscles irrigués par ce sang, la production d'acide lactique étant prise comme témoin de l'anoxie. Nous avons pour cela utilisé le protocole expérimental suivant :

---

[1] *Les Érythrémies de l'altitude*, Paris, 1929, 134 p.

Des lapins ayant à peu près le même âge et le même poids, maintenus à jeun depuis quelques heures, sont anesthésiés au moyen d'une solution de sonéryl injectée dans le péritoine. Sur ces lapins le jambier antérieur est débarrassé de toutes ses liaisons aponévrotiques; on lui conserve cependant ses liaisons vasculo-nerveuses. Les divers plans sont refermés par des pinces. L'animal est laissé au repos pendant un quart d'heure.

La tête de l'animal est alors placée dans un masque. Une entrée d'air amène un mélange d'oxygène, d'azote et d'anhydride carbonique. Le mélange est fait dans des proportions convenables afin de provoquer chez l'animal des saturations oxygénées variables du sang. Au moment où la respiration commence à faiblir on pratique deux actes simultanés :

a. Une prise de sang sous paraffine dans le ventricule gauche : elle sert à établir la capacité (C), la saturation oxygénée (S), la teneur en oxygène du sang artériel (T).

b. Une brusque réfrigération sur place du jambier antérieur à — 80°. Le muscle congelé est ensuite traité par la méthode de Friedmann, Cotoni et Schaffer ([2]) pour doser son acide lactique (A. L.). Nous avons groupé les saturations voisines afin d'obtenir des moyennes. Une représentation graphique du phénomène nous a paru illusoire, les causes de perturbation sont en effet nombreuses (état acide-base du muscle, quantité de cytochromes présents, vaso-dilatation locale qui peut favoriser ou contrarier un départ plus ou moins grand de l'acide lactique, etc.), et nous pensons que ce qu'il faut chercher c'est seulement une concordance des moyennes. Nos résultats (en milligrammes pour 1g) sont les suivants :

a. Saturations basses.

	C.	T.	S.	A. L.	CO^2.
1....	15,52	1,35	8	145	
2....	13,62	1,16	9	50	
3....	14,32	1,42	9	59	
4....	13,47	3,04	12	99	
5....	11,02	1,37	12	60	62
Moy.	13,59	1,668	10	80	

b. Saturations faibles.

	C.	T.	S.	A. L.	CO^2.
6....	12,65	2,92	23	81	
7....	11,69	1,99	32	60	
8....	16,28	1,57	36	33	
9....	13,39	5,5	41	73	62
Moy.	13,5	2,99	33	66,75	

c. Saturations moyennes.

	C.	T.	S.	A. L.	CO^2.
10....	26,71	4,63	61	55	34
11....	14,5	10,7	73	43	
Moy..	20,6	7,66	67	49	

d. Saturations fortes.

	C.	T.	S.	A. L.	CO^2.
12....	16,01	15,39	96	37	47
13....	8,11	7,91	98	34	56
14....	18,53	5,39	99	23	
Moy..	14,21	6,13	97	31	

Si l'on essaie un pareil groupement pour la teneur en oxygène on ne trouve aucune proportionnalité. La teneur en oxygène est cependant un facteur important de la distribution d'oxygène.

([2]) *Journ. of Biol. Chem.*, 73, 1929, p. 335.

Par contre la saturation oxygénée du sang artériel et la teneur en acide lactique du muscle irrigué varient, on le voit d'après ces moyennes, en sens inverse. La saturation est donc un facteur indépendant et important de l'oxydation au niveau des tissus.

SÉROLOGIE. — *De la sérothérapie antidiphtérique par voie cutanée.* Note de M. **Alexandre Besredka**, présentée par M. Louis Martin.

La peau du lapin, rasée et légèrement scarifiée, est recouverte d'une compresse de gaze, imbibée de sérum antidiphtérique dilué d'eau physiologique (50 pour 100). Cette compresse est maintenue en place pendant 24 heures au moyen d'un pansement qui enveloppe la grande partie de l'abdomen. La peau est ensuite lavée au savon et à l'eau physiologique, pour enlever toute trace de sérum; si l'expérience le permet, on remet un pansement sec pendant 24 heures pour éviter toute souillure extérieure.

La toxine diphtérique est injectée dans la peau du flanc, à des doses qui varient de 1/40000 à 1/100000 de centimètre cube. Cette injection, suivant l'expérience, suit ou précède l'application du pansement antidiphtérique. La toxine et le sérum sont tantôt administrés du même côté, à plusieurs heures d'intervalle, tantôt sur les côtés opposés. Dans quelques expériences la toxine a été injectée de chaque côté du flanc, tandis que la compresse antidiphtérique était appliquée sur un côté seulement. Voici, à titre d'exemples, deux de ces expériences.

Expérience I. — Elle a porté sur cinq lapins dont un témoin. A tous ces animaux il a été fait deux piqûres de 1/40000 centimètre cube de toxine, chacune, dans la peau du flanc droit. Les quatre lapins en expérience ont eu leurs pansements, après des intervalles de une, deux, quatre et cinq heures, du même côté, c'est-à-dire, sur le flanc droit. Les réactions locales étaient notées chaque jour pendant deux semaines. Ici nous ne pouvons qu'indiquer les grandes lignes en nous réservant d'y revenir prochainement dans un autre Recueil.

Les deux lapins ayant eu leurs pansements antidiphtériques, une ou deux heures après l'injection de la toxine, ont présenté, le 3e jour, deux taches rosées qui se sont rapidement effacées; le 5e jour, la peau a repris son aspect normal.

Les deux lapins ayant reçu leurs pansements antidiphtériques, quatre ou cinq heures après l'injection de la toxine, ont présenté, vers le quatrième jour, une plaque rouge recouverte d'une croûtelle jaune; vers le 8e jour, ces croûtelles se sont détachées et la peau est redevenue complètement normale.

Quant au lapin témoin, il a présenté, à partir du 4e jour, au niveau de chaque piqûre, une croûte jaune noirâtre qui est devenue de plus en plus forte et de plus en

plus adhérente au tissu sous-jacent; les croûtes ont persisté pendant 15 jours environ.

Expérience II. — Elle a porté sur six lapins. Il leur a été injecté 1/50000 de centimètre cube de toxine dans la peau du flanc droit et autant dans la peau du flanc gauche. Sur ces six lapins, un n'a pas eu de pansement; à un autre on a mis, une heure après la toxine, un pansement au bouillon ordinaire; deux lapins ont eu des pansements au sérum normal de cheval; enfin, deux lapins ont été pansés au sérum antidiphtérique. Les pansements ont été appliqués une ou trois heures après la toxine. Les compresses, imbibées de sérum, étaient posées chez tous les lapins sur un côté seulement, sur la peau du flanc droit. Voici quel fut le résultat de cette expérience.

Les deux lapins, pansés au sérum antidiphtérique, présentèrent des réactions insignifiantes à droite, c'est-à-dire du côté des compresses et, du côté opposé aux pansements, des réactions un peu plus accusées, soit des taches rouges ou rosées.

Le lapin témoin, le lapin pansé au bouillon ordinaire, ainsi que les deux lapins pansés au sérum normal de cheval, ont présenté au 4e jour, de grosses croûtes fort adhérentes, le plus souvent complètement noires.

Donc le sérum antidiphtérique, appliqué sur la peau légèrement scarifiée, même plusieurs heures après la pénétration de la toxine, est capable de préserver le lapin contre la nécrose grave qui se produit chez les témoins. Cette action curative ne s'exerce pas seulement sur la région directement imbibée du sérum, elle s'étend aussi à la peau du côté opposé. L'avantage de ce mode d'administration du sérum réside dans la facilité de son application et dans l'absence de tout risque d'accidents anaphylactiques, en raison de la lente résorption du sérum par voie cutanée.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Influence de la température et de l'humidité sur la pathogénie de l'aspergillose des Acridiens.* Note [1] de M. **Pierre Lepesme**, présentée par M. Paul Marchal.

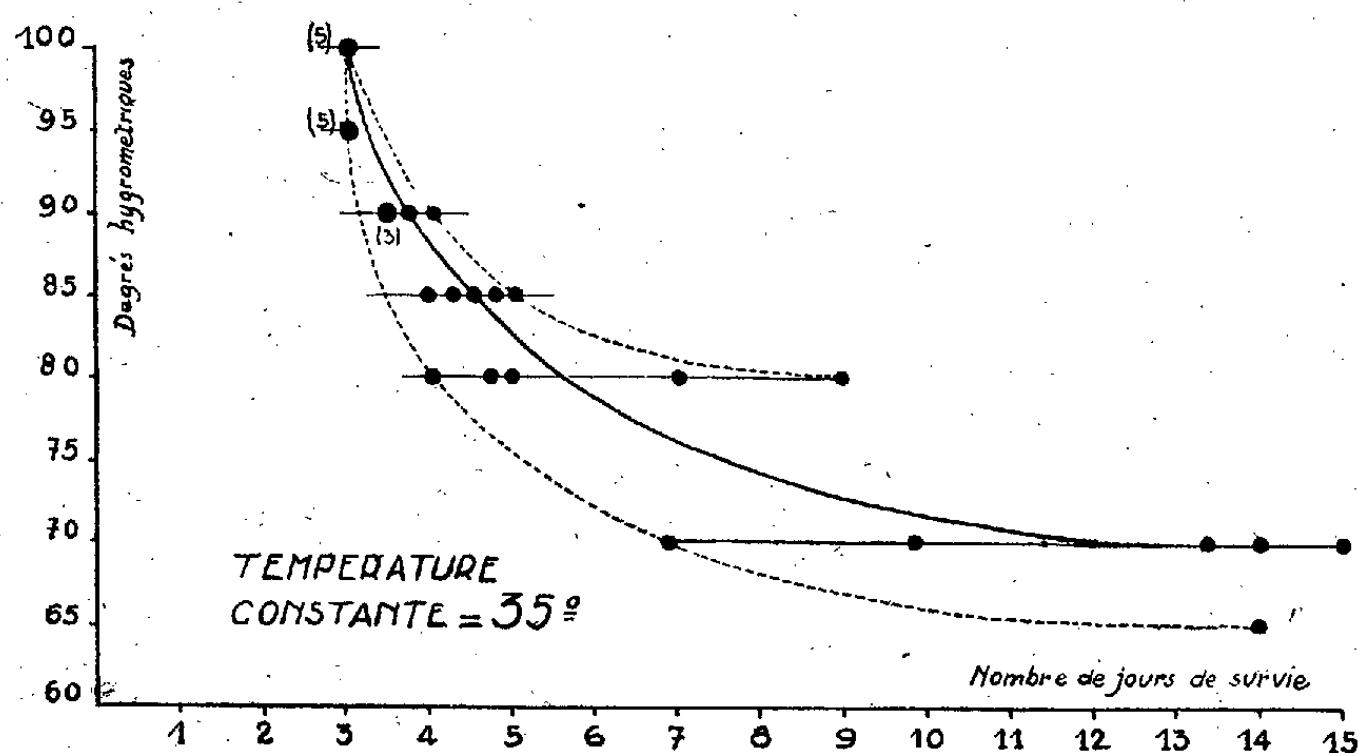
J'ai étudié l'influence des conditions extérieures sur la pathogénie de l'aspergillose qui décimait les élevages de Criquet pélerin (*Schistocerca gregaria* Forsk.) du Laboratoire Central de Biologie Acridienne de Paris [2], des expériences préliminaires m'ayant révélé l'importance de ces facteurs et en particulier de deux d'entre eux, la température et l'humidité.

J'ai utilisé pour mes recherches des cloches en verre permettant d'obtenir

(1) Séance du 27 décembre 1938.

(2) Cf. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord*, 29, 1938, p. 372.

une humidité constante grâce à divers mélanges hygroscopiques, ces cloches étant elles-mêmes disposées dans une étuve à température constante. La contamination a été réalisée par introduction de quelques conidies d'*Aspergillus flavus* dans la deuxième paire de stigmates thoraciques des Criquets. Ces Criquets étaient des *Schistocerca gregaria* adultes à maturité sexuelle prélevés dans un lot homogène. Il est nécessaire de distinguer trois phases dans la mycose : 1° la contamination ou pénétration des



conidies dans les voies trachéennes; 2° l'infection correspondant à la germination des conidies et au développement du mycélium dans le tissu musculaire; 3° la mort.

La température et l'humidité n'ont aucune action directe sur la contamination; les facteurs externes ne peuvent avoir, d'une manière générale, qu'une influence tout à fait indirecte, en favorisant plus ou moins l'ouverture des stigmates respiratoires.

Par contre la germination des conidies est étroitement liée aux deux facteurs précités, et mes recherches ont montré qu'une température minimum de 18° et une humidité minimum de 55 pour 100 étaient nécessaires à cet effet. Le premier minimum qui paraît élevé, à priori, s'est révélé normal lorsque j'ai pu déterminer la température optimum de croissance du mycélium : cette dernière est en effet comprise entre 32 et 35°, et ceci explique les ravages de l'aspergillose dans les élevages de Criquets pélerins du laboratoire, la température et l'humidité considérées comme optima pour une reproduction active de ces insectes étant voisines respec-

tivement de 35° et 100 pour 100. Le mycélium se développe donc dans le tissu musculaire d'autant plus vite que la température est élevée.

Quant aux conditions extérieures correspondant à la phase mortelle, elles coïncident avec les facteurs optima précédemment cités et nous avons effectué une série complémentaire d'expériences pour préciser les limites entre lesquelles pouvait varier l'humidité pour une température constante de 35°. La courbe ci-dessus indique les résultats obtenus : on voit que si une humidité de 95 à 100 pour 100 assure régulièrement la mort des insectes en 3 jours, le temps de survie s'accroît à mesure que le degré hygrométrique s'abaisse et les variations de ce temps de survie s'accroissent également : à un degré hygrométrique de 80 pour 100, certains individus moururent au bout de 4 jours, d'autres au bout de 7 jours, d'autres au bout de 9 jours; à un degré hygrométrique de 70 pour 100, un criquet mourut au bout de 7 jours, tous les autres au bout de 10 à 15 jours; à un degré hygrométrique de 65 pour 100, un seul criquet mourut au bout de 14 jours, les 4 autres étant encore vivants 22 jours après le début de l'expérience.

Pratiquement, on peut donc admettre qu'à 35° l'*Aspergillus flavus* est pathogène si l'humidité est d'au moins 70 pour 100. Au-dessus de 80 pour 100, il est très pathogène; entre 70 et 80 pour 100 interviennent d'autres facteurs qui nous échappent, mais où les variations de résistance individuelles jouent certainement un grand rôle. En tout cas, le chiffre de 35° concorde avec la seule observation signalée à notre connaissance, sur l'influence de la température sur la pathogénie des *Aspergillus* parasites : Wilson P. Gee et A. Ballard Massey (3) ont trouvé en effet que l'*Aspergillus flavescens* Eidam, sans action sur la chenille de *Malacosoma americana* entre 21 et 27°, devient pathogène pour cette chenille à la température de 37° par pulvérisation de spores.

A $15^h 55^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

A. Lx.

(3) *Mycologia*, 4, n° 5, septembre 1912.



Librairie-Imprimerie GAUTHIER-VILLARS

Tél. : DANTON 05-11 et 05-12 55, Quai des Grands-Augustins, PARIS (6e)

MÉMORIAL DES SCIENCES MATHÉMATIQUES *(suite)*

45. **WILKOSZ (W.).** — *Les propriétés opologiques du plan euclidien.*
46. **HAAG (J.).** — *Le problème de Schwarzschild.*
47. **TZITZÉICA (G.).** — *Introduction à la géométrie différentielle projective des courbes.*
48. **PETROVITCH (M.).** — *Intégration qualitative des équations différentielles.*
49. **KRYLOFF (N.).** — *Les méthodes de solution approchée des problèmes de la physique mathématique.*
50. **SALTYKOW (N.).** — *Méthodes classiques d'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre.*
51. **KOGBETLIANTZ (Ervand).** — *Sommations des séries intégrales divergentes par les moyennes arithmétiques et typiques.*
52. **HOSTINSKY (B.).** — *Méthodes générales du Calcul des probabilités.*
53. **ZERVOS (P.).** — *Le problème de Monge.*
54. **MANDELBROJT (S.).** — *Les singularités des fonctions analytiques représentées par une série de Taylor.*
55. **HUSSON (Édouard).** — *Les trajectoires de la dynamique.*
56. **ÉVANS (G.).** — *Stabilité et Dynamique de la production dans l'économie politique.*
57. **DELSARTE (Jean).** — *Les groupes de transformations linéaires dans l'espace de Hilbert.*
58. **DONDER (Th. De).** — *Application de la Gravifique einsteinienne à l'Electrodynamique des corps en mouvement.*
59. **LEAU (L.).** — *Les suites de fonctions en général (domaine complexe).*
60. **GOT (Th.).** — *Propriétés générales des groupes discontinus.*
61. **DULAC (H.).** — *Points singuliers des équations différentielles.*
62. **BUHL (A.).** — *Gravifiques. Groupes mécaniques.*
63. **HLAVATY (V.).** — *Courbes de la variété générale à N dimensions.*
64. **ORE (O.).** — *Les corps algébriques et la théorie des idéaux.*
65. **ADHÉMAR (R. d').** — *Balistique extérieure.*
66. **SHOHAT (Jacques Chokhate).** — *Théorie générale des polynomes orthogonaux de Tchebichef.*
67. **GODEAUX (L.).** — *Les transformations birationnelles de l'espace.*
68. **GOT (Th.).** — *Domaines fondamentaux des groupes fuschiens et automorphes.*
69. **KOSTITZIN (V. A.).** — *Applications des équations intégrales (applications statistiques).*
70. **SALTYKOW.** — *Méthodes modernes d'intégrations des équations aux dérivées partielles du premier ordre à une fonction inconnue.*
71. **BOULIGAND.** — *Géométrie infinitésimale directe et physique mathématique classique.*
72. **ROSENBLATT.** — *Solutions exactes des équations du mouvement des liquides visqueux.*
73. **WALSH.** — *Approximation by Polynomials in the complex Domain.*
74. **GUICHARD (M. C.).** — *Théorie des Réseaux.*
75. **HERBRAND (J.).** — *Le développement moderne de la théorie des corps algébriques.*
76. **VRANCEANU.** — *Les Espaces non holonomes.*
77. **GUICHARD.** — *Théorie Générale des Réseaux. Applications.*
78. **DUBOURDIEU.** — *Questions topologiques de géométrie différentielle.*
79. **MINETTI (Silvio).** — *Sur quelques espaces fonctionnels et sur la géométrie de certains Holoespaces.*
80. **SOULA (J.).** — *L'Équation intégrale de première espèce à limites fixes et les fonctions permutables à limites fixes.*
81. **POTRON.** — *Les Groupes de Lie.*
82. **ZAREMBA.** *Sur une conception nouvelle des forces intérieures dans un fluide en mouvement.*
83. **JUVET (Gustave).** — *Mécanique analytique et mécanique ondulatoire.*
84. **FREDA (Hélène).** — *Méthodes des Caractéristiques pour l'intégration des équations aux dérivées partielles linéaires hyperboliques.*
85. **KAMPÉ DE FÉRIET (J.).** — *La fonction hypergéométrique.*
86. **GEIRINGER (Hilda).** — *Fondements mathématiques de la théorie des corps plastiques isotropes.*
87. **PRAGER (W.).** — *Mécanique des solides isotropes au delà du domaine élastique.*
88. **WEINSTEIN (A.).** — *Étude des spectres des équations partielles de la théorie des plaques élastiques.*
89. **VALIRON (Georges).** — *Directions de Borel des fonctions méromorphes.*
90. **TRJITZINSKY (W. J.).** — *Analytic theory of non linear singular differential equations.*
91. **DE SÉGUIER et POTRON.** — *Théorie des groupes abstraits.*
92. **MORSE (M.).** — *Functional topology and abstract variational theory.*
93. **DIEUDONNÉ (J.).** — *La théorie analytique des polynomes d'une variable (à coefficients quelconques).*
94. **VINCENSINI (Paul).** — *Corps connexes. Séries linéaires. Domaines vectoriels.*

Nombreux fascicules en préparation. — Consulter la notice spéciale.

N° 3.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 16 Janvier 1939).

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

NOMINATIONS.

ÉLECTIONS.

CORRESPONDANCE.

N° 3.

TABLE DES ARTICLES (*suite*).

CORRESPONDANCE (*suite*).

1939

PREMIER SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS

TOME 208

N° 4 (23 Janvier 1939).



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55

—

1939

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LA SÉANCE DU 13 JUILLET 1835
ET MODIFIÉ DANS LES SÉANCES DES 24 FÉVRIER 1840, 23 JUIN 1862, 24 MAI 1875, 8 JUIN 1925.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y deux volumes par année.

Article 1. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus *quatre* pages par numéro.

Un membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de *dix* Notes par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les *dix* Notes accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus *trois* pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de *huit* Notes par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne porte en rien préjudice au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de la discussion.

Les Rapports relatifs aux prix décernés ne sont imprimés dans les *Comptes rendus* qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus.*

Article 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Notes des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie ne peuvent pas dépasser *deux* pages *et demie.* Le nombre des Notes d'un même auteur ne peut être supérieur à *cinq* par année.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

Article 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

Article 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Des figures ne pourraient être exceptionnellement autorisées que si elles étaient déposées sur le Bureau en même temps que la Note présentée. L'espace occupé par ces figures compte alors pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

Article 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Nota. — *La page comprend* 38 *lignes de* 67 *lettres ou intervalles.*

AVIS AUX AUTEURS

Les références bibliographiques des Notes destinées aux *Comptes rendus* doivent être aussi complètes que possible et comprendre, par exemple pour les Périodiques, l'indication du tome, de l'année et de la page.
(*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1057.)

Les auteurs qui ne se conformeront pas à cette règle seront exposés à voir leurs Notes retardées jusqu'à ce que les indications jugées nécessaires et signalées *sur les épreuves* aient été fournies.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le samedi qui précède la séance, avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 JANVIER 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Giuseppe Cesàro**, ancien professeur de Minéralogie à l'Université de Liége, ancien Président de l'Académie des Sciences de Belgique, Correspondant de l'Académie pour la Section de Minéralogie.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Kyrille Popoff**, professeur de Mathématiques à l'Université de Sofia, qui assiste à la séance.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du* pH *sur la coloration vitale des Levures*. Note de MM. **Alexandre Guilliermond** et **Roger Gautheret**.

On sait, par nos recherches antérieures, que les Levures cultivées dans des milieux additionnés d'un colorant vital (rouge neutre, bleu de crésyle, bleu de Nil) accumulent le colorant dans leurs vacuoles, puis, au bout d'un certain temps, l'excrètent dans le milieu, et que l'accumulation de ces colorants dans les vacuoles, en particulier le rouge neutre, ne se fait pas au-dessous d'un certain pH voisin de la neutralité. Il nous a paru nécessaire de préciser l'action du pH sur la coloration vitale des Levures.

Pour cette étude nous avons utilisé le *Saccharomyces cerevisiæ* cultivé sur du moût de bière gélosé dans des grandes boîtes métalliques (modèle de l'Institut Pasteur); au bout de 48 heures, on en prélevait une quantité

variable de Levure, selon le colorant étudié [1], et on l'ensemençait dans le liquide de Schoen tamponné par de l'asparagine et additionné de 5^{mg} du colorant, ajusté à des pH échelonnés de 0,4 en 0,4 et compris entre 3,6 et 10,2. On les y laissait pendant 20 minutes, puis on prélevait la suspension, que l'on centrifugeait; les cellules étaient examinées au microscope et l'on procédait à un dosage du colorant restant dans le liquide, au moyen du colorimètre à cellule photoélectrique de Meunier.

Pour le bleu de Nil, les expériences ont été faites avec 0^{g},15 pour 100 de Levures. La courbe représentée ici (*fig.* 1) montre que la concentration du

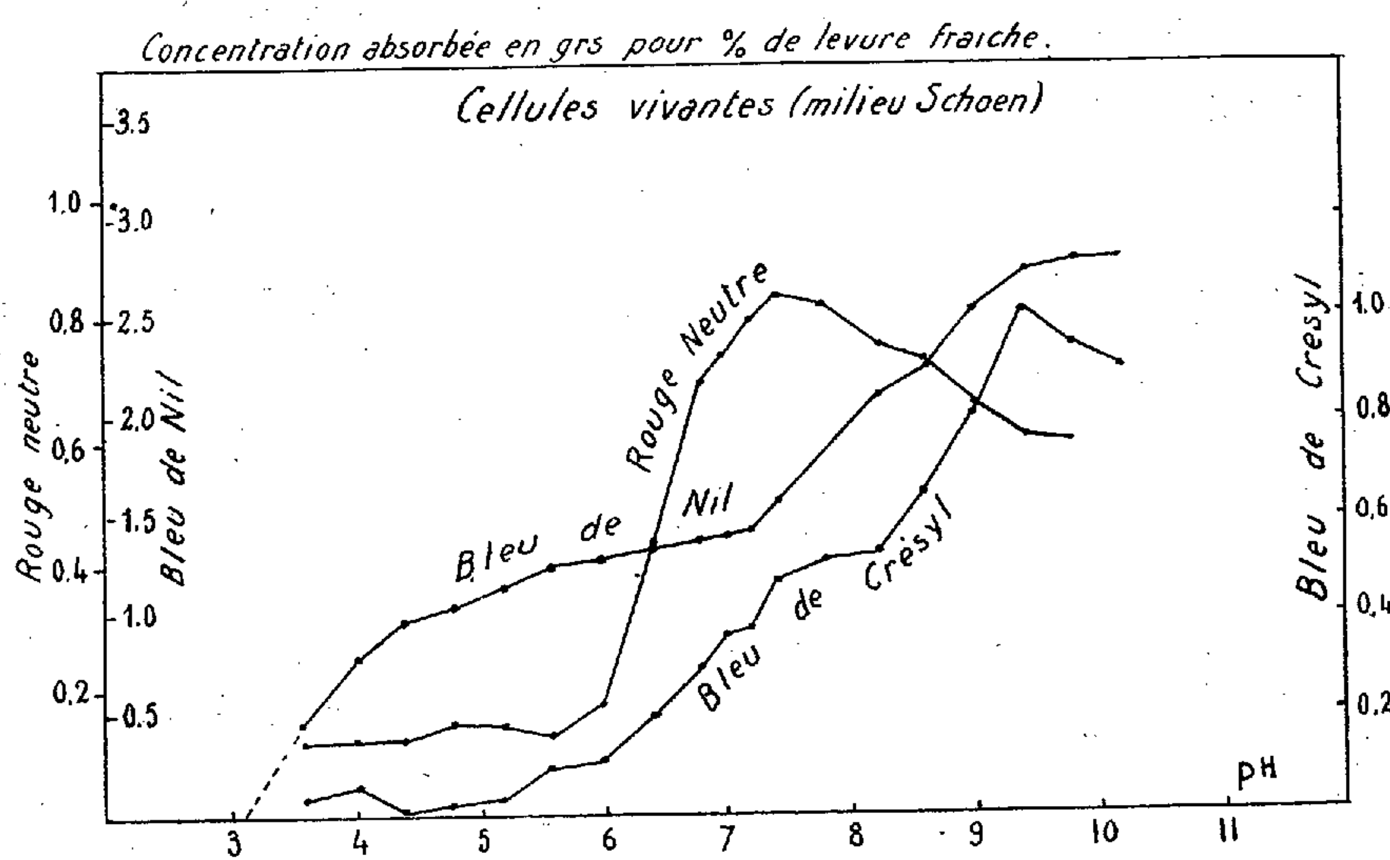


Fig. 1.

colorant absorbé augmente de pH 3,6 jusqu'à pH 9,8; là, il paraît y avoir un palier correspondant à une saturation. Ainsi, on ne constate pas de limite à la coloration qui s'opère même en milieu acide, ce que confirme l'examen des cellules. En milieu acide, c'est surtout la vacuole qui se colore, le cytoplasme ne fixant que légèrement le colorant; en milieu alcalin, au contraire, le colorant se fixe surtout sur le cytoplasme et la vacuole n'accumule que très peu le colorant. Le cytoplasme semble donc avoir une affinité pour le bleu de Nil variant en fonction du pH, mais ne demeurant jamais nulle

(1) Les Levures absorbant plus de bleu de Nil que de rouge neutre et de bleu de crésyle, nous avons choisi des concentrations susceptibles de donner des courbes très caractéristiques.

dans les conditions de nos expériences, ce qui explique que la pénétration et la fixation du colorant dans les vacuoles s'effectuent même à un pH très bas. Nous n'avons pas étudié la courbe au-dessous de pH 3,6, mais elle doit descendre vers les pH plus acides, car, à pH 2, les cellules ne se colorent pas. La concentration maxima absorbée en présence de 5^{mg} pour 100 de bleu de Nil est de 4,45, ce qui fait une concentration du colorant dans la Levure de l'ordre de 3^{g} de bleu de Nil pour 100^{g} de Levure fraîche.

Avec le bleu de crésyle, les expériences, avec $0^{g},4$ pour 100 de Levures, ont donné des résultats différents : il y a une limite nette entre pH 5,4 et pH 5,6, au-dessous de laquelle la Levure n'accumule pas sensiblement le colorant. La coloration commence au-dessus de pH 5,4 sans que l'on puisse encore la déceler par l'examen des cellules, mais seulement par le fait, qu'à ce moment, la Levure a déjà absorbé $0^{g},1$ pour 100 de colorant. Ce n'est qu'à partir de pH 6,8 que les cellules montrent une coloration de leurs vacuoles. Au-dessus de pH 5,6, la concentration du bleu de crésyle absorbé croît rapidement; au delà de pH 9,0, la courbe redescend, mais d'autres expériences nous ont permis d'obtenir des fins de courbes en palier, en sorte que cette descente de la courbe figurée ici est due à la précipitation du colorant qui peut se produire à pH élevé. Jusqu'à pH 8,6, la vacuole seule est colorée; au delà le cytoplasme se colore, mais plus faiblement qu'avec le bleu de Nil. La quantité maximum de bleu de crésyle absorbée est de $4^{mg},1$ pour $0^{g},4$ de Levure, ce qui fait une concentration de 1^{g} de bleu de crésyle pour 100^{g} de Levure fraîche, concentration bien inférieure à celle que la Levure retient de bleu de Nil.

En ce qui concerne le rouge neutre, les résultats obtenus avec $0^{g},5$ pour 100 de Levure indiquent qu'il y a également une limite nette vers pH 5,6 : entre pH 3,6 et pH 5,6 un peu de colorant est retenu à cause sans doute de la présence de cellules mortes. La coloration des vacuoles commence à pH 5,6, mais n'est appréciable au microscope qu'à partir de pH 6,0; de pH 6,0 à pH 6,8, la courbe s'élève rapidement jusqu'à un maximum à pH 7,4, puis elle descend, et cette descente qui s'est retrouvée dans toutes nos expériences ne peut être attribuée à une erreur expérimentale. La concentration maximum du rouge neutre absorbé est de $4^{mg},2$, ce qui fait une concentration de rouge neutre absorbé de $0^{g},84$ pour 100 de Levures fraîches.

Nous avons comparé ces résultats à ceux obtenus avec des cellules mortes (tuées par un traitement de 1 heure à 60°) et placées dans le même milieu additionné de 5^{mg} pour 100 du colorant. Pour le bleu de Nil, la courbe

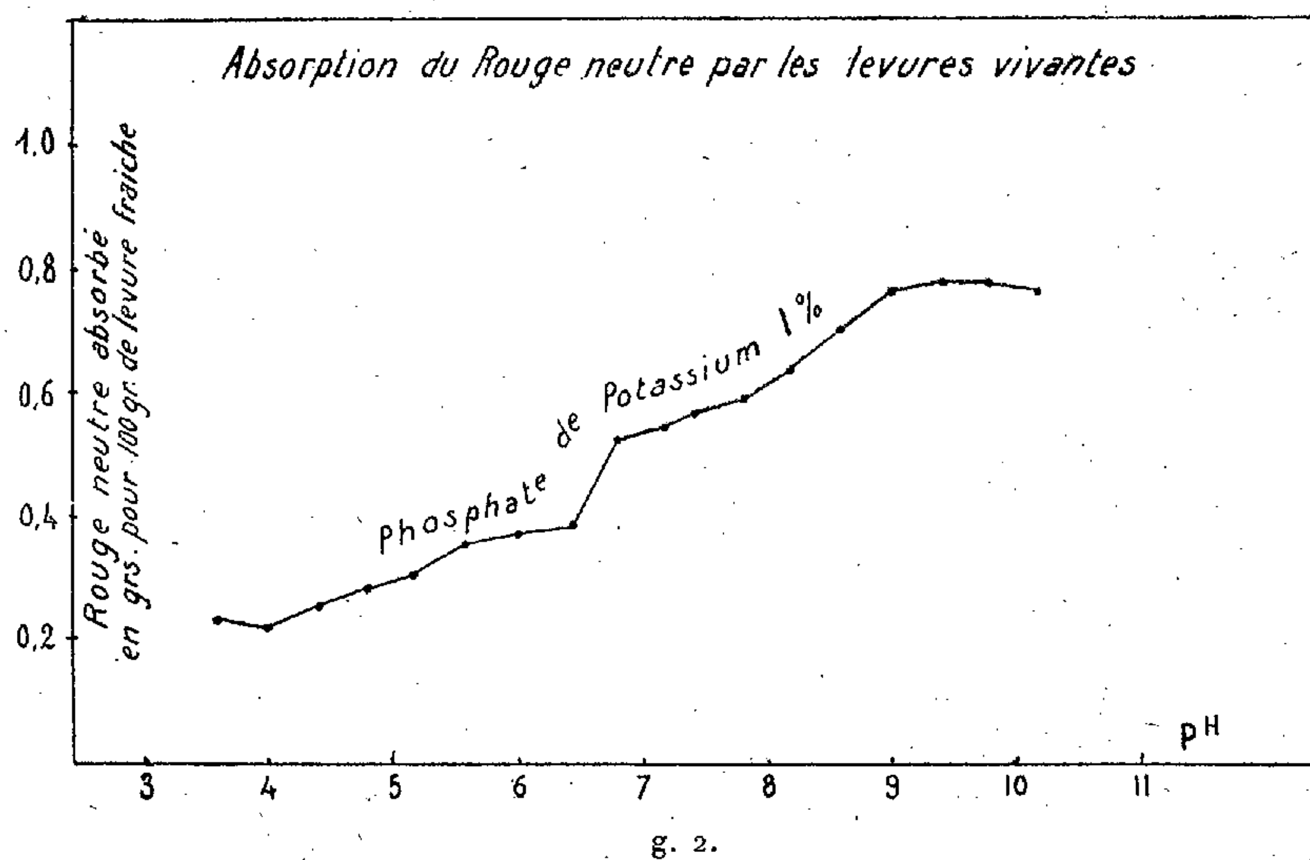
obtenue avec $0^g,16$ pour 100 de Levure morte est un peu plus régulière que celle obtenue avec la Levure vivante, à part une descente constatée à pH 10,0, attribuable à une précipitation du colorant. En somme, la courbe est voisine d'une droite et ne montre aucune limite aux pH dans lesquels nous avons opéré, c'est-à-dire à partir de 3,6. La concentration maximum de bleu de Nil absorbé est de $4^{mg},5$ pour 100 de Levure, soit $2^g,8$ pour 100 de Levure fraîche, donc inférieure à celle obtenue avec la Levure vivante.

Avec le bleu de crésyle et $0^g,16$ pour 100 de Levure, la courbe ne montre non plus aucune limite inférieure, dans les pH essayés; elle se rapproche d'une droite. La concentration maximum de colorant absorbé est de $4^{mg},2$ pour 0,16 de Levure, soit $2^g,6$ pour 100^g de Levure fraîche, concentration presque triple de celle obtenue pour les Levures vivantes. Enfin, avec $0^g,5$ pour 100 de Levure et $5^{mg},8$ pour 100 de rouge neutre, la courbe n'offre également pas de limite inférieure dans les conditions où nous avons opéré; celle-ci s'élève, puis passe par un maximum entre 6,0 et 6,8, pour diminuer ensuite et atteindre un minimum à pH 9,0, où le culot se montre presque incolore.

Un point reste difficile à interpréter, c'est la chute de la courbe obtenue constamment pour le rouge neutre aux pH alcalins et constatée aussi bien pour les cellules vivantes que pour les cellules mortes. En ce qui concerne les cellules vivantes, ce résultat nous a amenés à étudier l'accumulation du rouge neutre en fonction du temps. Les résultats obtenus et que nous publierons plus tard indiquent que l'accumulation du rouge neutre est plus rapide en milieu alcalin et l'excrétion plus lente aux pH acides qu'aux pH élevés, ce qui semble expliquer la partie descendante de la courbe obtenue au bout de 20 minutes, c'est-à-dire à un moment où l'excrétion est déjà commencée aux pH alcalins. Nous avons enfin, pour préciser la question, étudié l'accumulation et l'excrétion du rouge neutre dans un autre milieu (peptone 1 pour 100, glucose 1 pour 100) : dans celui-ci, la courbe a montré, après un maximum atteint à 7,8, une chute rapide et profonde à 10,2, beaucoup plus accusée que dans le liquide de Schoen et qui paraît attribuable à la formation aux pH élevés d'un complexe rouge-neutre-peptone. Enfin, en utilisant un milieu composé exclusivement de phosphate de potassium à 1 pour 100 additionné de 5^{mg} pour 100 de rouge neutre et où la levure ne se développe pas, nous avons obtenu une courbe débutant comme dans les cas précédents, entre pH 5 et pH 6, et aboutissant à un palier situé à pH 9; au delà, on ne constate aucune partie descendante (*fig.* 2); la courbe se rapproche d'une ligne droite et est tout à fait compa-

rable à celle obtenue pour le bleu de crésyle, mais ici il n'y a pas eu d'excrétion du colorant.

Ainsi nos recherches montrent que l'absorption, par les cellules vivantes, du rouge neutre et des bleus de crésyle et de Nil, croît à mesure que le pH s'élève : pour le rouge neutre et le bleu de crésyle, on constate



[Fi]g. 2.

une limite inférieure de pH au-dessous de laquelle ces colorants ne sont pas absorbés; il n'en est pas de même pour le bleu de Nil dont la limite inférieure doit être placée au-dessous des pH que nous avons essayés, c'est-à-dire de 3,6, et cela s'explique, sans doute, par l'affinité spéciale que montre ce colorant pour le cytoplasme. Nos recherches établissent, en outre, que le bleu de crésyle et surtout le bleu de Nil peuvent se fixer sur le cytoplasme, tandis que le rouge neutre ne s'accumule que dans les vacuoles.

BOTANIQUE ET AGRONOMIE COLONIALE. — *Les espèces, variétés et hybrides de Cotonniers d'Amérique actuellement cultivés en Afrique tropicale et leur amélioration.* Note [1] de M. AUGUSTE CHEVALIER.

L'apport des graines de Cotonniers d'Amérique en Afrique s'est fait par l'homme et les diverses espèces et variétés se sont répandues rapidement à travers toute l'Afrique noire, chaque sorte devenant subspontanée là où

[1] Séance du 9 janvier 1939.

elle trouvait des conditions bioclimatiques favorables. Il en est résulté une répartition des espèces cultivées qui se confond plus ou moins avec les zones de végétation et de climat.

Les botanistes américains répartissent aujourd'hui les Cotonniers cultivés à 26 chromosomes, en trois séries spécifiques, auxquels ils ont conservé les noms linnéens : *G. religiosum* L., *G. hirsutum* L., *G. barbadense* L.; les formes de ces trois groupes s'hybrident entre elles avec une extrême facilité, de sorte que les Cotonniers américains cultivés sont rarement purs spécifiquement. Les spécimens nommés par Linné étaient eux-mêmes probablement déjà des hybrides, aussi c'est conventionnellement que ces trois noms ont été conservés comme types des trois espèces linnéennes cultivées.

I. Le *G. religiosum* L. type est caractérisé par des feuilles trilobées glabres ou velues, les bractées caliculaires plus au moins lobées, les pétales jaunes ou rubescents à l'extérieur, dépourvus de taches pourpres sur l'onglet; les graines sont couvertes d'un duvet épais grisâtre; dans le type décrit par Linné les soies sont rousses. Des individus se rapportant à ce type se rencontraient il y a 30 ou 40 ans çà et là dans les champs indigènes des zones soudanaise et guinéenne de l'Ouest africain. La soie rousse est utilisée par les Noirs pour tisser des bandes qui n'ont pas besoin d'être teintes. Une forme voisine qui se rattache au même groupe spécifique est *G. punctatum* Schum. et Thonn. décrit en 1827 d'après des spécimens de la Gold-Coast, encore répandu dans tout l'Ouest et le Centre africain, depuis le Sénégal jusqu'au Chari et de la Guinée française à la Nigéria. Il a des soies blanches très adhérentes et courtes et un duvet grisâtre. C'est le *Ndar-go* des Wolofs (*Ndar* est le nom indigène de l'île Saint-Louis au Sénégal, ce qui semble indiquer que l'introduction en Afrique Occidentale s'est faite par ce point). C'est le Cotonnier dit indigène de toute la zone soudanaise. Il pénètre aussi dans le Sahel et dans les oasis du Sahara. Très résistant à la sécheresse et aux maladies cryptogamiques, il vit plusieurs années et devient un arbuste subspontané dans les jachères et autour des villages noirs. Une variété extrêmement xérophile de ce *G. punctatum* est le *G. purpurascens* Poir. var. *deserticum* Roberty qui se rencontre au Soudan français sur les confins du Sahara.

Une deuxième forme est le *G. purpurascens* Poiret typifié par un spécimen d'origine incertaine que Desfontaines cultivait dans les serres du Muséum de Paris vers 1810, remarquable par ses feuilles plus ou moins pourpres, trilobées et velues. On la retrouve

en divers points de l'Amérique tropicale et en Afrique chaude. Elle a les rameaux souvent décombants et les graines nues. C'est à la même forme que se rapporte le *G. prostratum* Schum. et Thonn. décrit de spécimens de la Gold-Coast, non rare en mélange avec *G. punctatum*, mais très exceptionnellement à feuilles colorées. Enfin une troisième forme du même groupe très modifiée est *G. peruvianum* Cav., connue sous le nom de *Pérou*, remarquable par ses feuilles profondément lobées et le duvet vert qui recouvre les graines. C'est une plante hygrophile améliorée par la culture, produisant ordinairement d'assez grosses capsules et des soies longues et blanches. Originaire des parties chaudes de l'Amérique mériodionale, cette race a fait depuis longtemps son apparition en Afrique Occidentale, dans les contrées où l'on recrutait des esclaves pour l'Amérique. Dans la période 1900-1920 c'était une des formes les plus cultivées de la Basse-Côte d'Ivoire et dans le Bas et Moyen Dahomey. Dans ce pays, elle donne des soies dont la longueur varie entre 25 et 30^{mm}. Une forme voisine, mais qui a des caractères à la fois de *G. peruvianum* et de *G. barbadense* fournit une grande partie des cotons d'Égypte.

II. Le deuxième groupe spécifique a pour type le *G. barbadense* L., originaire des parties basses de l'Amérique centrale et des Antilles, subspontané dans toute l'Amérique tropicale, remarquable par ses graines noires sans duvet, ses feuilles glabrescentes à 3-5 lobes profonds. C'est le *Sea-Island*, ordinairement à longues soies, cultivé depuis longtemps comme plante vivace dans les îles avoisinant la Géorgie et la Caroline. Il a été introduit en Egypte. Hybridé, il est en partie supplanté par des races qui se rattachent davantage à *G. peruvianum*. On le cultive actuellement en grand dans le Soudan Anglo-Égyptien (province de Gésirah); introduit depuis une vingtaine d'années au Soudan français (variété *Sakellaridis*), il a donné d'excellents résultats en culture irriguée au nord du 16° de lat. N à El-Oualadji (Vitalis) et à Diré. Peut-être réussira-t-il dans les environs de Sokolo, point vers lequel se dirige le canal du Sahel de l'Office du Niger. Sous le 14° de latitude, et plus au Sud (à Ségou, notamment), le climat lui est défavorable.

III. Le troisième groupe de Cotonniers américains d'où dérivent une partie des Cotonniers cultivés en Afrique tropicale est *Gossypium hirsutum* L. dont la première origine était la Caroline. Ces Cotonniers, dénommés aujourd'hui *Upland*, dérivent d'une forme sauvage inconnue, originaire des contrées arides du sud des États-Unis et qui devait se rapprocher beaucoup de *G. Hopii* Lewton, cultivé encore actuellement par les Indiens du Texas et de l'Arizona. Au cours de plusieurs siècles de culture intensive, il s'est croisé avec d'autres formes américaines : *G. purpurascens* Poir., *G. peruvianum* Cav. et probablement *G. vitifolium* Lamk. Il en est résulté les

innombrables variétés de *Upland* sélectionnées aux États-Unis; les plus perfectionnées se rattachent au groupe *G. mexicanum* Tod. Il n'est pas douteux que ces variétés sont faites pour les pays sub-tempérés. Comme l'indique S. C. Harland « l'*Upland* américain, au cours de son évolution, a été profondément modifié dans sa génétique et a acquis un ensemble de gènes qui le rendent apte à s'adapter aux conditions climatiques des États-Unis du Sud, mais qui militent pour son inadaptabilité à l'Afrique tropicale s'il n'est pas modifié par des croisements avec des formes tropicales déjà adaptées au climat chaud africain ». C'est ce qui explique que les *Upland* ont mis tant de temps à s'adapter à l'Afrique noire. Malgré des essais depuis longtemps répétés, on ne trouve nulle part sur ce continent de formes de *G. hirsutum* revenues à l'état demi-sauvage et persistant. C'est seulement depuis une vingtaine d'années que l'on a pu implanter en diverses régions tropicales des *Upland* qui, grâce à des soins constants, paraissent maintenir leurs caractères, mais résistent mal aux maladies : c'est le *Nyasaland Upland* du Nyassa et de l'Ouganda, le *Triumph* du Congo belge et de l'Ouganda, l'*Allen long staple* de Nigéria, que l'on a introduits depuis une quinzaine d'années au Soudan français et qui s'y maintiennent, mais sont très susceptibles aux maladies. Il est certain que de telles variétés ne peuvent subsister sous un climat qui n'est pas le leur qu'avec des soins constants, des sols artificiels fumés, la lutte sans trêve contre les maladies et les insectes nuisibles, une sélection permanente.

S. C. Harland et J.-B. Hutchinson pensent, et nous sommes de leur avis, qu'en croisant les *Upland* modernes, introduits récemment en Afrique, avec des formes tropicales acclimatées et demi-sauvages, depuis longtemps dans l'Ouest africain, *G. purpurascens*, *G. peruvianum* et le vulgaire *G. punctatum*, on aurait la possibilité d'obtenir en F^2, F^3, quelques combinaisons génétiques avantageuses pour le cultivateur et mieux adaptées aux conditions écologiques des diverses zones de l'Ouest africain. Il s'est du reste produit spontanément de telles combinaisons. On commence à cultiver dans la région nigérienne du Soudan français une variété nommée *N'Kourala* qui serait le résultat d'un croisement spontané entre le *G. hirsutum* L. introduit et le *G. punctatum* indigène. Cette nouvelle variété donne de belles fibres semblables à celles des bons *Upland*. Elle est bien adaptée et supérieure à l'*Allen*, mais il faut en poursuivre la sélection.

G. Roberty pense que le *G. punctatum* Schum. et Thonn. serait une forme de régression de *G. hirsutum* L. pour l'Afrique tropicale, et il cite l'exemple de variétés cultivées originaires des États-Unis qui n'auraient guère demandé plus de 3 ans pour se transformer « en *punctatum* typique, à fleurs jaunes marquées de rouge à la base et à tiges velues ». Or il y a 40 ans, avant l'introduction de *G. hirsutum*, on ne rencontrait au Soudan que des *punctatum* sans taches rouges sur les pétales et à duvet gris et non vert sur les graines. On confond donc aujourd'hui au Soudan sous le nom de *punctatum*

deux formes très différentes, la vieille forme africaine et la nouvelle : *G. hirsutum* forme *punctatum* Roberty qui seul est un récessif de *G. hirsutum*, poussant dans les champs abandonnés à eux-mêmes, loin de tout contrôle européen et sans valeur agronomique.

Les faits que nous venons de citer montrent combien sont grandes les difficultés qu'il faut surmonter pour faire produire à nos colonies d'Afrique tropicale une partie du coton nécessaire à notre industrie nationale. Seule une organisation scientifique stable et permanente pourra, comme nous le montrerons dans une prochaine Note, fournir à nos services agricoles coloniaux des solutions possibles.

PARASITOLOGIE. — *Capture de larves infectieuses de Nématodes pathogènes par des champignons prédateurs du sol.* Note de MM. **Émile Roubaud** et **Robert Deschiens**.

Certains champignons microscopiques du sol, des genres *Dactylaria*, *Dactylella*, *Arthrobotrys*, *Stylopaga* forment, en présence de différentes espèces de Nématodes libres, appartenant en particulier à la famille des *Rhabditidæ* et vivant à la surface de la terre où des terreaux, des organes de capture, garrots ou gluaux susceptibles de s'emparer de ces Nématodes et de les digérer.

Ces champignons prédateurs ont été particulièrement étudiés par W. Zopf (1), E. Maupas (2), Ch. Dreschler (3), T. Goodey (4), J. Comandon et P. de Fonbrune (5).

J. Comandon et P. de Fonbrune, utilisant le micromanipulateur pneumatique de Fonbrune, une technique de microculture dans une chambre à huile de paraffine et l'enregistrement cinématographique des phénomènes étudiés, ont pu admirablement préciser ou établir pour cinq espèces de champignons, *Dactylaria brochopaga*, *Dactylella bembicodes*, *Dactylella ellipsospora* Grove, *Arthrobotrys oligospora* Fresenius 1850, *Stylopaga hadra* Drechsler 1937, les conditions de formation et de fonctionnement des organes de capture, la capture de Rhabditidés libres, la digestion des

(1) *Nova Acta Leop. Carol. Acad. Naturf.*, 52, 1888, p. 314.
(2) *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord*, 6, 1915, p. 200.
(3) *Mycologia*, 29, 1937, p. 447.
(4) *J. Helminthol.*, 16, 1938, p. 159.
(5) *C. R. Soc. Biol.*, 129, 1938, p. 619, 620, 623.

proies capturées et les réactions cinétiques du protoplasme mycélien, au cours de ces différentes circonstances.

Disposant de souches d'*Arthrobotrys oligospora* et de *Dactylella bembicodes* qui nous ont été aimablement remises par M. Comandon, nous avons recherché si ces champignons étaient également susceptibles de capter les larves infectieuses de certains Nématodes, agents d'infections redoutables telles que la strongyloïdose et l'ankylostomose, pendant la période de vie libre où ces larves se rencontrent dans les boues et les débris fécaux.

Dans ce but nous avons utilisé un Nématode de la famille des *Rhabditidæ*, *Strongyloïdes fülleborni* (Linstow 1905), parasite de l'intestin du Chimpanzé (*Anthropopithecus troglodytes*) et un Nématode de la famille des *Ancylostomidæ*, *Ancylostoma duodenale* (Dubini 1843), le parasite bien connu de l'intestin de l'homme. Des coprocultures de selles contenant des œufs de ces Nématodes et prélevées, l'une à la singerie de l'Institut Pasteur, l'autre à l'Hôpital Saint-Antoine à Paris, nous ont fourni une récolte de larves assez abondante pour nous permettre de mener à bien nos expériences.

Les milieux d'épreuve dont nous nous sommes servis étaient constitués par des plaques de gélose stérile en boîtes de Petri (gélose, 15^g; extrait de malt, traces; mouture d'avoine, 3^g; eau, 100^g) à la surface desquelles le champignon prédateur était ensemencé. En raison de la sensibilité des larves à la dessiccation et de la difficulté relative de pénétration de la gélose par celles-ci, nous avons ménagé dans l'épaisseur de la gélose de petites logettes de 1^{cm^2} de surface, entretenues avec de l'eau distillée stérile dans un état d'humidité constante, afin d'offrir un refuge éventuel aux Nématodes. Lorsque les plaques de gélose étaient recouvertes pour leurs 3/4 environ par les cultures du champignon, les larves récoltées ont été déposées dans les logettes humides.

Dans ces conditions des larves rhabditoïdes, des adultes de la forme stercorale et des larves strongyloïdes de *S. fülleborni*, déposés dans les logettes d'une culture sur gélose d'*Arthrobotrys oligospora*, ont provoqué, en 24 à 48 heures, l'apparition de dispositifs de capture en arceaux entrelacés et anastomosés du type *gluau*, exactement semblables à ceux qui se forment dans la nature. Les pièges, nombreux dans les logettes humides, étaient très rares dans la masse de la gélose. Les larves ou les adultes qui s'engagent dans les pièges y adhèrent, y restent fixés et sont envahis par le mycélium qui les digère.

Des larves rhabditoïdes, des adultes de la forme stercorale et des larves

strongyloïdes de *S. fülleborni* mis en présence de cultures sur gélose de *Dactylella bembicodes* provoquent de même l'apparition de nombreux pièges en *garrots*, constitués par un anneau de 16^{μ} de diamètre intérieur environ, composé de 3 cellules et relié au mycélium par un court pédicelle. Ces dispositifs de capture se forment en grand nombre dans les logettes humides et sont rares dans la masse de la gélose; les adultes et les larves qui s'y engagent sont capturés par étranglement, du fait de la dilatation brusque des cellules de l'anneau. Les Nématodes capturés sont envahis par le mycélium et digérés.

Des larves rhabditoïdes et strongyloïdes d'*Ancylostoma duodenale* mises en présence de cultures d'*Arthrobotrys oligospora* et de *Dactylella bembicodes*, dans les conditions relatées ci-dessus, déterminent, en 36 à 48 heures, l'apparition de pièges, en grand nombre dans les logettes humides, rares dans la masse de la gélose. Les larves engagées dans les arceaux ou les anneaux capteurs du mycélium de ces deux champignons meurent au bout de quelques heures et sont digérées.

Il convient de remarquer que ces captures se réalisent malgré l'activité et les grandes dimensions des larves strongyloïdes, dont la taille varie de $300^{\mu} \times 14^{\mu}$ à $560^{\mu} \times 24^{\mu}$, alors que le mycélium du champignon mesure de 3 à 6^{μ} de diamètre. La rupture du mycélium sous l'effet de la traction des Nématodes capturés est exceptionnelle : elle peut cependant être notée, mais les parasites ne se dégagent pas de l'anneau ou du réseau de capture et finissent par mourir, digérés par le champignon.

L'ensemble de ces constatations, en dehors de leur intérêt biologique, pose la question de savoir si la destruction, au moins partielle, des larves infectieuses d'Ankylostomes et de Strongyloïdes ne pourrait être envisagée dans les lieux infectés par celles-ci, tels que les galeries de mines et les boues fécales, par l'ensemencement des surfaces souillées avec des cultures de champignons prédateurs appropriés. On pourrait ainsi concevoir une méthode biologique anti-larvaire, auxiliaire des moyens prophylactiques dont nous disposons présentement contre l'ankylostomiase et l'anguillulose.

M. Jean-Louis Faure fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Léon Delhoume, *De Claude Bernard à d'Arsonval*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Guido Castelnuovo** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *Le origini del Calcolo infinitesimale nell' èra moderna.*

NOMINATIONS.

M. **Jules Rouch**, capitaine de vaisseau, est délégué au *Sixième Pacific Science Congress* qui se tiendra à San-Francisco, en juillet-août 1939.

ÉLECTIONS.

M. **Costantino Gorini** est élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale en remplacement de M. *L. Ravaz* décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Trois publications de *La Chimie mathématique*, Centre de Recherche fondé par Th. De Donder :

— Th. De Donder. *Théorie nouvelle de la Mécanique statistique;*

— Georgette Schouls. *Applications de la Mécanique statistique générale;*

— Jules Géhéniau. *Mécanique ondulatoire de l'électron et du photon.*

2° R. Dujarric de la Rivière et Roger Heim. *Les champignons toxiques*, caractères et détermination, toxines, intoxications, thérapeutique. *Aquarelles de* A. Bessin.

3° Fernand Prothais. *Matière ou spiritualisme.*

M. **André Lenoble** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur certains mouvements aléatoires.* Note [1] de M. **Wolfgang Dœblin**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Nous conservons les notations de notre Note précédente [2]. Mais nous allons nous restreindre au cas particulier de Smoluchovsky où $F(x, y; s, t) = G(x, y; t-s)$, donc $a(x, s) = a(x)$, $\sigma(x, s) = \sigma(x)$. Nous nous proposons d'étudier l'allure du mouvement dans différents cas; par exemple : 1° lorsque a et σ (c'est-à-dire la vitesse du déplacement non aléatoire et l'amplitude du mouvement gaussien) s'annulent toutes les deux en un point O, le mouvement de M tend à se ralentir dans le voisinage de O, alors se pose la question de savoir si le point mobile peut atteindre l'origine, s'il tend à séjourner indéfiniment dans le voisinage de O, etc.; 2° lorsqu'il y a un courant non aléatoire très fort tendant à amener le point mobile M à l'infini auquel se superpose un mouvement gaussien dont l'amplitude σ peut aussi tendre vers l'∞ si $x \to \infty$; il s'agit de savoir si le point reste à distance finie dans un intervalle de temps fini.

Il est important de bien spécifier ce que nous entendons par la fonction aléatoire $X(t)$: $X(t)$ est la limite, pour $n \to \infty$, de la ligne brisée dont les sommets sont $X(t_i)$, $t_i = i/2^n$. Cette limite existe presque sûrement et $X(t)/1 + |X(t)|$ est continu.

A. Nous supposons que σ, $1/\sigma$ et a sont 3 fois dérivables si $Y \leqq x < Z$, (Z pouvant être $+\infty$). Dans ces conditions

I. *Pour que l'on ait presque sûrement* $X(t) < Z$ *pour tout* $t > 0$, *si* $X(0) < Z$, *il faut et il suffit que*

$$(1) \qquad \int_Y^Z dx \int_x^Z \frac{1}{\sigma^2(x)} e^{-2\int_x^t \frac{a}{\sigma^2} du} dt = \infty.$$

Dans le cas contraire quel que soit T *et* $Y < X(0) < Z$

$$\lim_{L \to Z} \Pr\{X(t) < L,\ 0 < t < T\} < 1.$$

II. *Si*

$$\int_Y^Z \exp\left\{-2\int_Y^x \frac{a}{\sigma^2} du\right\} dx = \infty$$

---

[1] Séance du 9 janvier 1939.

[2] *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 705.

presque sûrement, quel que soit $X(0) < Z$, *il y aura une suite infinie* $\{t_i\}$ *telle que* $t_i > t_{i-1} + 1$ *et* $X(t_i) < Y$ *et cette condition est nécessaire si l'on a* $(1) = \infty$.

III. *Si*

$$(2) \qquad \int_Y^Z dx \int_Y^x \frac{1}{\sigma^2(x)} \exp.\left\{2\int_t^x \frac{a}{\sigma^2}du\right\} dt$$

diverge, $X(0) \geqq Z$ *entraîne* $X(t) \geqq Z$ *pour tout t et la probabilité pour que,* M *se trouvant en* $X(0)$ *à l'instant initial se trouve à un instant quelconque* $< T$ *à gauche d'un point* P *quelconque (fixe, avec* $Y \leqq P < Z$) *tend vers zéro si* $X(0) \to Z$.

Si $(1) < \infty$ *et* $(2) = \infty$, *alors* $\lim\limits_{L \to Z} G(x, L, t) < 1$, $Y \leqq x < Z$. *Donc, dans le cas où* $Z = \infty$, *on n'a pas* [*si* $(1) < \infty$ *et* $(2) = \infty$] $G(x, +\infty, t) = 1$ *et, par conséquent, il n'existe alors aucune solution de l'équation de Kolmogoroff* [3] *avec ces coefficients a et* σ (ces derniers définissent, malgré cela, un mouvement ayant un sens). *Si* (1) *diverge et* (2) *converge il existe des solutions* $G(x, y, t)$ *avec les coefficients a et* σ *pour* $Y \leqq x < Z$ *pour lesquels* $G(Z, Y, t) > 0$.

B. *Cas particuliers.* — α. Hyp. : $a(0) = 0$, $\sigma(0) = 0$, $a'(+0)$ *existe de même que* $\sigma'(+0)$. *Alors le point* M *ne peut ni atteindre l'origine à partir d'une position à droite ni passer de l'origine ou d'une position à gauche de l'origine à droite de cette dernière.*

Remarque. — Nous avons toujours le droit, vu nos hypothèses, de supposer que $X(0) = 0$ entraîne $X(t) = 0$ quel que soit t, mais ce n'est pas nécessairement la seule possibilité compatible avec les valeurs de a et σ.

Si $a'(+0) - 1/2\,\sigma'^2(+0) > 0$ *le point mobile ne peut pas rester indéfiniment dans le voisinage de l'origine (à droite); si* $a'(+0) - 1/2\,\sigma'^2(+0) < 0$ *il a au contraire une assez grande tendance à y séjourner indéfiniment.*

β. Hyp. : $a(0) > 0$, $\sigma(0) = 0$, *ou* $a(x) \to \infty$, *si* $x \to 0 (x > 0)$ σ *restant borné* $\neq 0$; *alors la condition nécessaire et suffisante pour que* $X(t) > 0$ *presque sûrement si* $X(0) > 0$ *peut s'écrire plus simplement*

$$\int_0^1 e^{2\int_x^1 \frac{a}{\sigma^2}du} dx = \infty.$$

---

(3) Dans le cas des équations diff. stochast. M. S. Bernstein a déjà indiqué que si $\sigma =$ const. et $a > |X|^{1+\beta}$, on a $F[x, \infty, s, t] < 1$ (Cf. *Travaux Inst. Stekloff*).

GÉOMETRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la théorie des lignes tracées sur une surface.* Note de M. **Alphonse Demoulin**.

Soient, en un point quelconque M d'une surface, MT_1, MT_2 les tangentes principales et C_1, C_2 les centres de courbure des sections normales respectivement tangentes à MT_1, MT_2.

Désignons par ω l'angle qu'une droite MT, tangente en M à la surface, fait avec MT_1 et par C le centre de courbure de la section normale tangente à MT.

Nous appellerons sphère de courbure normale relative à MT la sphère S de centre C qui passe par M. Elle contient les cercles osculateurs, en M, des courbes tracées sur la surface et qui touchent MT en M. Soit K une quelconque de ces courbes. S est la limite vers laquelle tend la sphère tangente en M à la surface et passant par un point M′ de K, lorsqu'on fait tendre ce point vers M.

Désignons par S_1, S_2 les sphères principales, c'est-à-dire les sphères de courbure normale relatives aux tangentes MT_1, MT_2.

Soient R_1, R_2, R les rayons des sphères S_1, S_2, S. On a, en vertu de la formule d'Euler,

$$\frac{1}{R} = \frac{\cos^2\omega}{R_1} + \frac{\sin^2\omega}{R_2}. \tag{1}$$

Calculons le rapport anharmonique (MCC_1C_2). On a

$$(MCC_1C_2) = \frac{\dfrac{1}{R_2} - \dfrac{1}{R}}{\dfrac{1}{R_1} - \dfrac{1}{R}}.$$

Or la formule (1) donne

$$\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R} = \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right)\cos^2\omega, \qquad \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R} = -\left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right)\sin^2\omega.$$

Par suite

$$(MCC_1C_2) = -\cot^2\omega. \tag{2}$$

Soit Γ un quelconque des cercles orthogonaux à la surface en M. Désignons par A_1, A_2, A ses intersections avec les sphères S_1, S_2, S. Les

tangentes à Γ en ces points coupent la normale en M aux points C_1, C_2, C. En vertu d'un théorème de Chasles, on a

$$(MCC_1C_2) = (MAA_1A_2). \tag{3}$$

Des égalités (2) et (3) on déduit

$$(MAA_1A_2) = -\cot^2\omega. \tag{4}$$

Nous allons nous appuyer sur le théorème suivant : Soient A, B, C, D quatre points situés sur un cercle. Si φ est un des angles des sphères qui coupent orthogonalement le cercle, l'une aux points A, B, l'autre aux points C, D, on a

$$(ABCD) = -\operatorname{tang}^2\frac{\varphi}{2} \quad \text{ou} \quad -\cot^2\frac{\varphi}{2}. \tag{5}$$

Appliquons ce théorème aux points M, A, A_1, A_2. La sphère orthogonale à Γ aux points M, A est la sphère S. Soit Σ la sphère orthogonale à Γ aux points A_1, A_2. C'est une quelconque des sphères tangentes aux sphères principales. Si θ est un des angles des sphères S et Σ, on a, en vertu de la formule (5),

$$(MAA_1A_2) = -\operatorname{tang}^2\frac{\theta}{2} \quad \text{ou} \quad -\cot^2\frac{\theta}{2}. \tag{6}$$

De (4) et (6), on déduit

$$\operatorname{tang}^2\frac{\theta}{2} \quad \text{ou} \quad \cot^2\frac{\theta}{2} = \cot^2\omega \quad (^1), \tag{7}$$

d'où

$$\theta = \pm 2\omega + k\pi, \tag{8}$$

k désignant un nombre entier.

---

(1) Cette formule admet la généralisation suivante : Soient S′ la sphère de courbure normale relative à une tangente MT′ qui fait un angle ω' avec MT_1 et A′ l'intersection de cette sphère et de Γ. Si ψ désigne un des angles que fait avec Σ la sphère orthogonale à Γ en A et A′, on a

$$\operatorname{tang}^2\frac{\psi}{2} \quad \text{ou} \quad \cot^2\frac{\psi}{2} = -\cot^2\omega\,\operatorname{tang}^2\omega'.$$

Si MT′ est une tangente isotrope, $\operatorname{tang}^2\omega' = -1$, le point A′ coïncide avec M et la formule précédente se réduit à la formule (7).

Si $\operatorname{tang}^2\omega' = -\operatorname{tang}^2\omega$, $\psi = \pi/2$ et les centres des sphères S, S′ sont harmoniquement conjugués par rapport aux points C_1, C_2.

Soit θ' un des angles que fait avec Σ la sphère de courbure normale relative à la tangente qui fait l'angle ω avec MT_2. On a, en vertu de (8),

$$\theta' = \pm 2\omega + k'\pi, \tag{9}$$

k' désignant un nombre entier.

Il suit des formules (8) et (9) que *les sphères de courbure normale relatives à deux tangentes qui font un angle* ω, *l'une avec* MT_1, *l'autre avec* MT_2 ([2]), *coupent sous l'angle* 2ω *les sphères tangentes aux sphères principales.*

Ce ne sont pas les considérations précédentes qui nous ont conduit à ce théorème. Nous avons d'abord obtenu celui-ci grâce à l'emploi du pentasphère que nous avons attaché à tout point d'une surface ([3]).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation analytique des polynomes abstraits.* Note ([1]) de M. **Gaston Van der Lyn**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $\mathfrak{X}$ un espace quelconque dont les points seront désignés par x et les sous-ensembles par X. Supposons que, dans cet espace, une famille additive d'ensembles ait été définie, ainsi qu'une fonction mesurante $\mu(X)$, non négative et complètement additive, définie pour tout ensemble X de la famille additive. Soit $f(x)$ une fonction numérique μ-mesurable, définie dans l'espace $\mathfrak{X}$. Supposons encore que, à chaque ensemble X de la famille additive, on ait fait correspondre un élément $\varphi(X)$ d'un espace vectoriel normé, de telle manière que, si $X_1 X_2 = 0$, on ait

$$\varphi(X_1 + X_2) = \varphi(X_1) + \varphi(X_2),$$

et que la norme $\|\varphi(X)\|$ soit majorée par le produit $M\mu(X)$, où M est une constante. Il est alors facile de définir, par rapport à la fonction vectorielle $\varphi(X)$, une intégrale analogue à l'intégrale de Stieltjes-Lebesgue-Radon de la fonction $f(x)$. Si $f(x)$ est bornée, en désignant par X_i

([2]) Ces sphères sont symétriques par rapport à la sphère harmonique relative au point M.

([3]) *Comptes rendus,* **182**, 1926, p. 1008.

([1]) Séance du 16 janvier 1939.

l'ensemble des points x où l'on a $i\varepsilon \leqq f(x) < (i+1)\varepsilon$, on posera

$$\int f(x)\, d\varphi(\mathrm{X}) = \lim_{\varepsilon \to 0} \sum_{i=n}^{i=\mathrm{N}} i\varepsilon\, \varphi(\mathrm{X}_i),$$

où n et N sont des entiers tels que l'on ait $n\varepsilon < f(x) < \mathrm{N}\varepsilon$. La limite existe nécessairement. L'extension de la définition de l'intégrale vectorielle au cas où $f(x)$ n'est pas bornée peut se faire suivant les méthodes classiques de la théorie de l'intégrale de Lebesgue. Il résulte de la majoration de $\|\varphi(\mathrm{X})\|$ par la fonction absolument continue $\mathrm{M}\mu(\mathrm{X})$, qui si $f(x)$ est μ-sommable, son intégrale par rapport à $\varphi(\mathrm{X})$ existe.

Désignons d'autre part par $\mathcal{Y}$, y, Y, $\mu'(\mathrm{Y})$, $g(y)$, respectivement un nouvel espace quelconque, ses points, ses sous-ensembles, une fonction mesurante définie dans une famille additive, et les fonctions numériques μ'-mesurables du point y. L'ensemble des fonctions $f(x)$ μ-sommables forme un espace vectoriel $\mathcal{E}$. Cet espace sera normé, et par suite métrisé, en posant $\|f(x)\| = \int |f(x)|\, d\mu$. Soit de même $\mathcal{E}'$, l'espace vectoriel des fonctions $g(y)$ μ'-sommables, normé en posant $\|g(y)\| = \int |g(y)|\, d\mu$. Soit enfin $\mathrm{U}[f]$ un opérateur, défini pour chaque point $f(x)$ de l'espace $\mathcal{E}$, dont la valeur est un point $g(y)$ de l'espace $\mathcal{E}'$. Cet opérateur est continu si $\|\mathrm{U}[\bar{f}] - \mathrm{U}[f]\|$ tend vers zéro avec $\|\bar{f}(x) - f(x)\|$.

L'opérateur $\mathrm{U}[f]$ est un monôme de degré n, si l'on a, quels que soient $f(x)$ et $\omega(x)$, l'équation

$$\Delta_\omega^n \mathrm{U}[f] = n!\, \mathrm{U}[\omega] \quad (^2).$$

Si $\mathrm{U}[f]$ est un monome continu, il existe un opérateur continu $\mathrm{U}[f_1, f_2, \ldots, f_n]$ des n variables $f_1, f_2, \ldots, f_n$, linéaire par rapport à chaque variable, tel que $\mathrm{U}[f] = \mathrm{U}[f, f, \ldots, f]$. Dans l'espace $\mathcal{X}^n$, produit cartésien de n espaces identiques à $\mathcal{X}$, définissons à partir de la mesure $\mu(\mathrm{X})$, par exemple au moyen de la méthode de M. Ulam, une mesure $\mu(\mathrm{E})$ dans une famille additive $\mathcal{F}$ de sous-ensembles de l'espace $\mathcal{X}^n$. Il existe alors un opérateur vectoriel additif $\mathrm{U}(\mathrm{E})$, défini pour les ensembles de la famille $\mathcal{F}$ et dont la valeur $\mathrm{U}(\mathrm{E})$ est un élément de l'espace $\mathcal{E}'$, dont la norme $\|\mathrm{U}(\mathrm{E})\|$ est majorée par le produit $\mathrm{M}\mu(\mathrm{E})$. Cet opérateur $\mathrm{U}(\mathrm{E})$, de plus, est tel que l'on ait

$$\mathrm{U}[f] = \int f(x_1) f(x_2) \ldots f(x_n)\, d\mathrm{U}(\mathrm{E}).$$

---

(2) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 516.

Un théorème analogue peut s'énoncer dans le cas où $U[f]$ a une valeur numérique; alors la fonction d'ensemble $U(E)$ est aussi numérique. Ces théorèmes généralisent des propositions de F. Riesz et de O. Nikodym (*Bulletin Soc. des Sciences de Cluj*, 4, 1931), relatives aux fonctionnelles linéaires.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les valeurs exceptionnelles des fonctions méromorphes voisines d'une fonction méromorphe donnée.* Note de M. **Jacques Dufresnoy**, présentée par M. Gaston Julia.

Soit $f(z)$ une fonction méromorphe dans tout le plan fini. La distribution des points z, où $f(z)$ prend une valeur a, présente une densité caractérisée par la croissance de la fonction $N[r, f(z)-a]$. M. Valiron (¹) a mis en évidence une homogénéité remarquable entre les distributions relatives aux différentes valeurs de a, en démontrant que

$$\lim_{r\to\infty} \frac{N[r, f(z)-a]}{T[r, f(z)]} = 1,$$

sauf pour un ensemble exceptionnel de valeurs a, dont la mesure de dimension ε (ε étant un nombre positif arbitraire) est nulle, et à condition d'exclure de l'axe des r [dans le cas d'une fonction $f(z)$ d'ordre infini] des intervalles extraordinaires de longueur totale finie.

Je vais montrer que cet ensemble exceptionnel de valeurs a est *presque toujours* vide. D'une façon plus précise considérons toutes les fonctions $F(z) + a_d z^d + a_{d-1} z^{d-1} + \ldots + a_1 z$, où $F(z)$ est une fonction méromorphe non rationnelle et où d est un entier fixé. Seules parmi celles-ci, les fonctions ayant un coefficient a_d appartenant à un ensemble dont la mesure de dimension ε est nulle donnent lieu à un ensemble exceptionnel de valeurs a au sens de M. Valiron (²).

(¹) *Acta Mathematica*, 47, 1926, p. 117-128.

(²) Ce résultat suppose que l'infini n'est pas une valeur exceptionnelle pour $F(z)$, sinon il en serait de même pour toute la famille de fonctions. Mais alors la proposition subsiste, à condition de prendre pour famille de fonctions

$$\frac{1}{F(z)-C} + a_d z^d + a_{d-1} z^{d-1} + \ldots + a_1 z,$$

où C est une valeur non exceptionnelle pour $F(z)$.

A cet effet, on étend le deuxième théorème fondamental de la théorie de M. Nevanlinna [3]; φ_i désignant un polynome de degré d, on démontre que

$$(p-d-2)\,\mathrm{T}[r,\,\mathrm{F}(z)] < \sum_{i=1}^{i=p} \mathrm{N}[r,\,\mathrm{F}(z)-\varphi_i] + \mathrm{S}(r),$$

$\mathrm{S}(r)$ étant une fonction que l'on borne supérieurement. La démonstration, analogue à celle du deuxième théorème fondamental, se déduit de l'identité

$$\prod_{i=1}^{p}[\mathrm{F}(z)-\varphi_i] \equiv \frac{\mathrm{F}^{[d+1]}(x)}{\dfrac{\mathrm{F}^{[d+1]}(z)}{\prod[\mathrm{F}(z)-\varphi_i]}} \equiv \frac{\mathrm{F}^{[d+1]}(z)}{\sum_{i=1}^{p} b_i \dfrac{\mathrm{F}^{[d+1]}(z)}{[\mathrm{F}(z)-\varphi]}}.$$

On obtient

$$\mathrm{S}(r) = p\log[2(d+1)\mathrm{A}r^d] + \log p - \mathrm{C}$$
$$+ 2\sum m\left[r,\,\frac{1}{\varphi_i-\varphi_j}\right] + m\left[r,\,\frac{\mathrm{F}^{[d+1]}}{\mathrm{F}}\right] + \sum m\left[r,\,\frac{\mathrm{F}^{[d+1]}}{\mathrm{F}-\varphi_i}\right],$$

A étant la borne supérieure des coefficients des polynomes et C dépendant du comportement à l'origine de f et des φ_i. Les limitations de $m[r,\,\mathrm{F}^{[d+1]}/\mathrm{F}]$ et de $m[r,\,\mathrm{F}^{[d+1]}/(\mathrm{F}-\varphi_i)]$ se déduisent de celle bien connue de $m[r,\,\mathrm{F}'/\mathrm{F}]$.

On est conduit à distinguer le cas des fonctions $\mathrm{F}(z)$ d'ordre fini et celui des fonctions $\mathrm{F}(z)$ d'ordre infini.

Premier cas. — On définit, avec M. Valiron, la suite des r_m satisfaisant à

$$\mathrm{T}(r_m) = m.$$

A chaque valeur de m on fait correspondre un champ de polynomes φ de degré d défini par

1° modules des coefficients des polynomes φ inférieurs à $\log r_m$;

2° $\mathrm{C}(\mathrm{F}^{[\lambda]}-\varphi^{[\lambda]}) < \log r_m$ pour $\lambda = 0,\,1,\,2,\,\ldots,\,d$; $\mathrm{C}(\psi)$ dépendant du comportement à l'origine de la fonction ψ.

Les fonctions φ de ce champ satisfont à

$$\mathrm{N}(r_m,\,\mathrm{F}-\varphi) \geqq \mathrm{T}(r_m,\,\mathrm{F}).(1-\varepsilon_m),$$

ε_m tendant vers zéro avec $1/m$, si l'on excepte celles appartenant à p_m sous-domaines définis par

$$m\left[r_m,\,\frac{1}{\varphi-\varphi_i}\right] > \frac{\mathrm{T}(r_m,\,\mathrm{F})}{p_m^2}.$$

---

(3) *Acta Mathematica*, 46, 1925, p. 1-99.

On en déduit aisément que

$$\lim_{r \to \infty} \frac{N(r, F - \varphi)}{T(r, F)} = 1, \tag{1}$$

sauf pour les fonctions φ appartenant à une infinité de ces sous-domaines. D'autre part, un sous-domaine est compris dans celui défini de la façon suivante : le coefficient a_d du terme de plus haut degré appartient à un ensemble qui peut être enfermé dans p_m cercles de rayon

$$p = \exp.\left\{ - \frac{\dfrac{T(r_m)}{p_m^2 - d\log 2\, d - d\log_2 r_m}}{d+1} \right\}^m.$$

Si l'on choisit pour p_m une fonction de $T(r_m)$ qui croît assez lentement, il en résulte que (1) est satisfait pour les φ dont le premier coefficient n'appartient pas à un ensemble exceptionnel dont la mesure de dimension ε est nulle. Soit, dans les mêmes conditions,

$$\lim_{r \to \infty} \frac{N(r, F - \varphi - \alpha)}{T(r, F - \varphi)} = 1. \tag{2}$$

Deuxième cas. — La limitation de $S(r)$ s'obtient par application d'un lemme connu de M. Borel sur les fonctions croissantes, qui introduit sur l'axe des r des intervalles extraordinaires de longueur totale finie. Nous obtenons encore la relation (2), à condition d'exclure de l'axe des r les intervalles extraordinaires.

Généralisation. — Ce résultat s'étend aux fonctions algébroïdes $u(z)$ à ν branches. On obtient alors

$$[p - (2^{d+1} - 1)(2\nu - 1) - 1].T(r, u) < \Sigma N[r, \psi(\varphi_i)] + S(r),$$

$S(r)$ étant une fonction que l'on borne supérieurement. La méthode est très voisine de celle qui a servi à l'étude des fonctions méromorphes.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Mesure de la réaction d'un jet gazeux par la pression qu'il exerce sur un disque.* Note [1] de M. **Vladimir Platoff**, présentée par M. Henri Villat.

Les recherches de Morley, citées par M. A. Stodola dans son Ouvrage *Turbines à vapeur et à gaz* [2], ont mis en évidence le fait intéressant,

---

[1] Séance du 16 janvier 1939.

[2] Paris, 1925, p. 52.

confirmé ensuite par d'autres expérimentateurs et que je me suis proposé d'étudier en détail, que la pression P exercée par un jet gazeux sur un disque D perpendiculaire à l'axe du jet, peut être supérieure d'environ 10 pour 100 à la réaction R du fluide sur le réservoir émettant le jet.

Je suis redevable à M. D. Riabouchinsky de l'explication suivante de cette contradiction apparente. L'augmentation de la pression exercée sur le disque est due à deux causes : 1° à la pression supplémentaire P_1 sur la face *aa* du disque D (*fig.* 1). En effet, un fluide turbulent s'écoulant le long

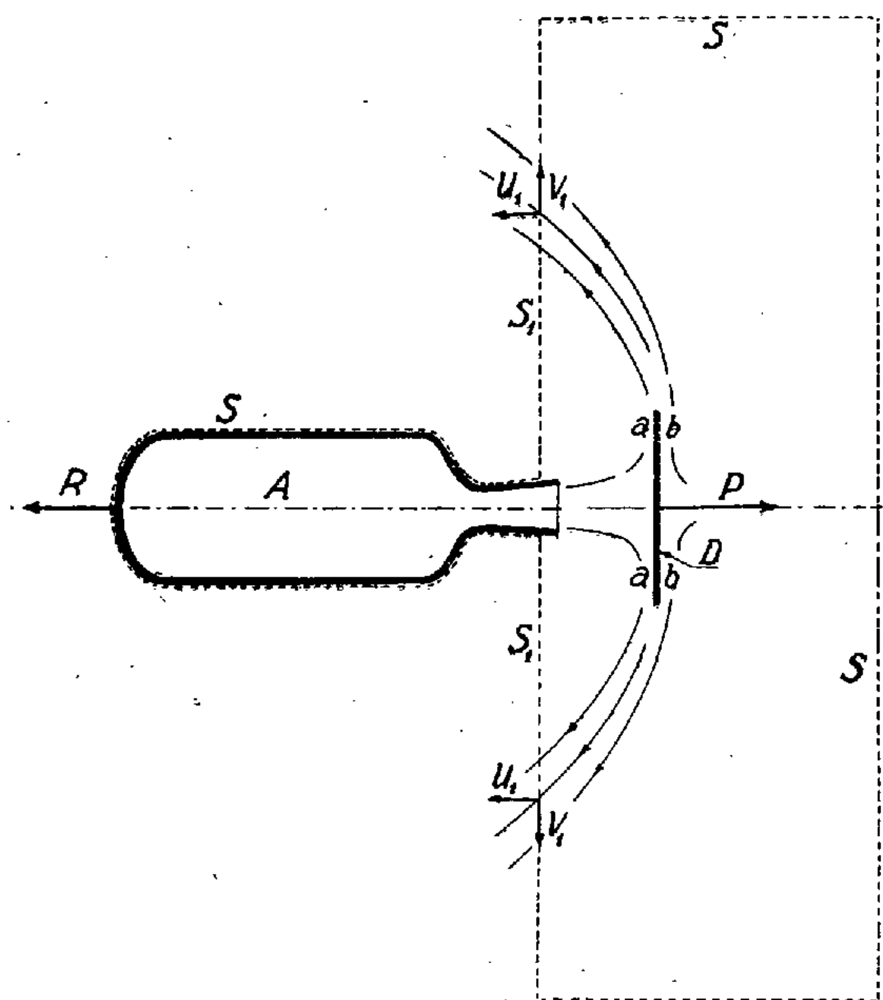


Fig. 1.

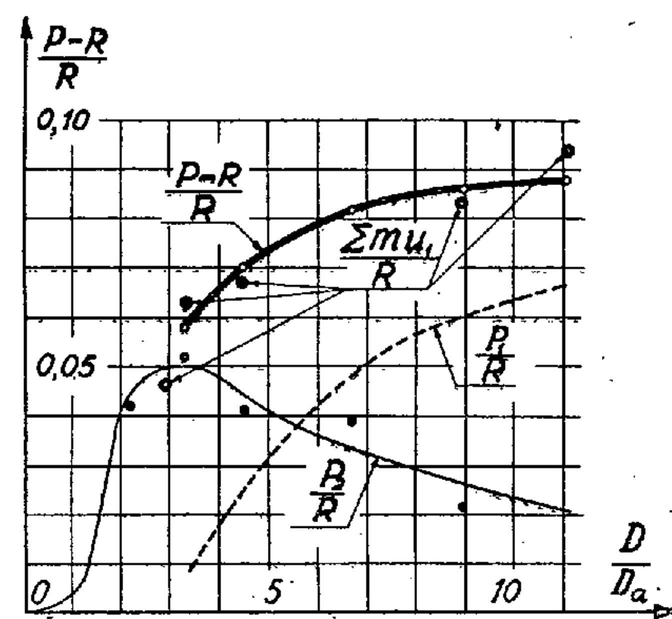


Fig. 2.

d'un plan doit exercer sur celui-ci, en plus d'une traction tangentielle, une pression normale, car les particules fluides, étant freinées au voisinage de la paroi par le frottement, acquièrent une vitesse u qui les écarte de la paroi et une quantité de mouvement Σmu ([3]); 2° à la dépression P_2 sur la face *bb* du disque, particulièrement sensible au voisinage du bord de ce dernier. Cette dépression est une conséquence du théorème de Bernoulli, étant due au mouvement de l'air entraîné par les particules fluides du jet qui s'épanouit sur la face *aa* du disque D.

En traçant en pensée autour du disque D et du réservoir A une surface

([3]) *Bull. Institut Aérodynamique de Koutchino*, f. 2, Moscou, 1909, p. 117.

fermée suffisamment grande SS_1 indiquée en pointillé sur la figure 1, et en calculant ou en mesurant la somme $Q = \Sigma m u_1 = \Sigma \rho u_1^2 \Delta S_1$ des projections des quantités de mouvement sur l'axe du jet, où ρ est la densité du fluide et ΔS_1 un élément de la surface S_1, on doit trouver que $Q \simeq P - R = P_1 + P_2$.

Les résultats des recherches expérimentales que j'ai effectuées sont en bon accord avec la théorie de M. Riabouchinsky. Le dispositif que j'ai employé est représenté schématiquement sur la figure 1. A est un réservoir, muni d'une tuyère convergente-divergente, contenant de l'air dont la pression était maintenue à $4^{atm},5$ et D est le disque placé perpendiculairement à l'axe du jet. Sur la figure 2 j'ai porté en abscisses le rapport D/D_a, où D est le diamètre du disque et $D_a = 9^{mm}$ est celui de la section terminale de la tuyère, et en ordonnées les rapports P_1/R, P_2/R et $(P - R)/R$. Les courbes continues tracées sur la figure passent par les points mesurés directement et la courbe en pointillé représente la différence entre ces deux courbes continues. Les points indiqués par deux petits cercles concentriques correspondent à la quantité de mouvement Q calculé d'après les composantes u_1 de la vitesse mesurée directement. On constate sur la figure 2 que les points Q/R viennent effectivement se placer sur la courbe $(P - R)/S$. La pression P_1 augmente et la dépression P_2, après avoir passé par un maximum, diminue avec l'augmentation du diamètre du disque.

Ces recherches ont un certain intérêt pratique, car elles permettent de préciser les corrections à apporter quand on veut remplacer la mesure directe de la réaction d'un jet par la mesure de la pression exercée par ce dernier sur un disque, ce qui est souvent beaucoup plus simple.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Nouvelle liste d'étoiles appartenant au courant de la Grande Ourse.* Note de M. **Raymond Bartholeyns**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Le courant de la Grande Ourse (Proctor-Hertzsprung) a été successivement enrichi par MM. Rasmuson (1), Mohr (2), Bertaud (3), Nassau-Henyey (4) et Filippov (*Russian Astronomical Journal*, 12, II, 1935).

(1) *Meddelanden fran Lunds Observatorium*, 2e série, n° 26, 1921.
(2) *Bulletin Astronomique*, 6, III, 1930, p. 147.
(3) *Bulletin de la Société Astronomique de France*, 47, 1933, p. 216.
(4) *The Astrophysical Journal*, 80, IV, 1934, p. 282.

M. Schlöss ([5]) a exposé une méthode de recherche systématique des étoiles qui appartiennent à un courant déterminé. Il en a démontré la valeur par ses travaux sur les courants de Persée et d'Orion.

Nous l'avons appliquée au courant de la Grande Ourse. Nous adoptons pour coordonnées du convergent $A_0 = 297°,7$, $D_0 = -34°,5$ et pour vitesse moyenne du courant $v_0 = 16,7$ km/sec, valeurs publiées par M. Mohr ([2]).

Cette recherche fait apparaître d'une part que la liste publiée par MM. Nassau-Henyey ([4]) nécessite révision; d'autre part que plusieurs étoiles, dont nous donnons ci-dessous la liste, peuvent être réputées appartenir au courant.

Nos données ont été puisées aux sources suivantes :

1° *A General Catalogue of the Radial Velocities of Stars, Nebulae and Clusters*, de J. H. Moore (*Publications of the Lick Observatory*, vol. XVIII, 1932).

2° *General Catalogue of Stellar Parallaxes* de F. Schlesinger (*Yale University Observatory*, 1935).

3° *Catalogue of Bright Stars* de F. Schlesinger (*ibid.*, 1930).

4° *Bergedorfer Eigenbewegungs-Lexicon* de R. Schorr (*Bergedorf*, 1936).

Les étoiles sont désignées, dans la première colonne, par leur numéro dans le *Henry Draper Catalogue*. Les notations qui figurent en tête des autres colonnes sont celles de M. Schlöss.

H. D.	Vx.	Vy.	Vz.	vx.	vy.	vz.	ΔN.	R.
12 350....	−16,1	− 6,2	− 9,1±2,8	−13,8	− 2,8	− 9,0	9°,4	4,1
13 611....	− 5,8	− 2,4	− 4,9±0,8	−13,7	− 9,2	− 2,4	11,6	10,7
13 994....	− 4,7	0,8	−10,8±1,1	−13,7	− 4,1	− 8,6	7,3	10,4
76 653....	–	–	− 1,5	–	–	0	7	–
83 787....	11,9	0	−12,2±2,3	6,1	− 1,6	−15,5	14,4	6,9
115 043....	11,0	− 3,6	− 7,9±0,9	13,5	− 3	− 9,3	5,4	2,9
125 140....	14,6	−14,1	− 4 ±2	13,7	− 6,2	− 7,2	19,6	8,6
147 513....	7,7	− 1,6	10,1±0,4	11,1	− 2,2	11,7	1,4	3,8
147 584....	11,2	5,5	8,5	11,1	4,5	11,7	4,2	3,4
174 589....	1,5	−13,5	12 ±2	3,8	− 8,7	13,8	17,8	5,6
177 196....	3,6	−13,7	8,8±2,1	3,1	−16,2	2,3	4	7
179 366....	–	–	11,5±1,5	–	–	14	16,3	–
204 770....	− 7,1	−12,6	1,2±2	− 5,5	−15,3	− 3,6	10,2	5,7
210 702....	− 5,8	−10	10,9±1,3	− 7,7	−12,2	8,5	2,2	3,8
210 873....	–	–	− 2,8±1,1	–	–	− 5,4	17	–
212 005....	−11,7	−10,6	2 ±1	− 8,2	−13,2	6,2	16,3	6
222 433....	−19,8	− 7,9	14,1±0,4	−11,4	− 3,8	11,6	3,3	9,7

([5]) *Zeitschrift für Astrophysik*, **11**, II, 1936, p. 117; **12**, II et III, 1936, p. 101.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la loi de multiplication des matrices représentatives des opérateurs différentiels linéaires.* Note [1] de M. **Nicolas Cabrera**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans les exposés de Mécanique ondulatoire, on démontre la loi en question par deux méthodes différentes : soit [2] en admettant la convergence absolue, dans tout le domaine D, du développement

$$(1)\qquad \mathrm{A}g = \sum_m \varphi_m(\varphi_m, \mathrm{A}g), \qquad (\varphi_m, \mathrm{A}g) = \int_{\mathrm{D}} \varphi_m^* \mathrm{A}g\, d\tau,$$

où φ_m est un système orthonormé complet de fonctions, dans le domaine D, et A le premier opérateur à droite; soit [3] en admettant l'existence, dans ce même domaine, d'un opérateur associé B^* du premier opérateur B à gauche, défini par

$$(2)\qquad (f, \mathrm{B}g) = (\mathrm{B}^* f, g).$$

Ces deux démonstrations ne sont pas rigoureuses, appliquées à un opérateur différentiel, parce que, d'une part, on sait bien que le développement (1) est convergent sauf, peut-être, sur un ensemble de mesure nulle; et d'autre part l'existence de l'expression (2) pour un opérateur différentiel linéaire n'est pas acceptable à priori [4].

1. Les formules du type de celle de Green donnent des expressions analogues à (2). Prenons les deux opérateurs

$$p_x = \frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial x} \qquad \text{et} \qquad \mathrm{H} = -\frac{\hbar^2}{2m}\Delta + v(xyz),$$

dans le domaine D de l'espace xyz, nous avons

$$(3)\qquad (f, p_x g) = (p_x f, g) + \frac{\hbar}{i}\int_{\mathrm{S}} f^* g\, dy\, dz,$$

$$(4)\qquad (f, \mathrm{H}g) = (\mathrm{H}f, g) - \frac{\hbar^2}{2m}\int_{\mathrm{S}} \left\{ f^* \frac{\partial g}{\partial n} - \frac{\partial f^*}{\partial n} g \right\} d\sigma.$$

---

[1] Séance du 16 janvier 1939.

[2] Voir par exemple L. de Broglie, *Mécanique ondulatoire des systèmes de corpuscules*, Paris, 1939, p. 54.

[3] Voir par exemple W. Pauli, *Die allgemeinen Prinzipien der Wellenmechanik* (*Handbuch der Physik*, 24_1, 1933, p. 131).

[4] J. v. Neumann, *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Berlin, 1932, p. 51 et 68.

2. Les intégrales de surface dans (3) et (4) modifient la loi de multiplication de matrices d'une façon facile à calculer : Soient les éléments de matrices $(f, p_x \mathrm{A} g)$ ou $(f, \mathrm{HA} g)$. L'application simultanée de (3) et (4) et du théorème de Parseval donne

$$(5)\quad (f, p_x \mathrm{A} g) = \sum_m (f, p_x \varphi_m)(\varphi_m, \mathrm{A} g) + \frac{h}{i}\int_{\mathrm{S}} f^* \Big[\mathrm{A} g - \sum_m \varphi_m(\varphi_m, \mathrm{A} g) \Big]\, dy\, dz,$$

$$(6)\quad (f, \mathrm{HA} g) = \sum_m (f, \mathrm{H}\varphi_m)(\varphi_m, \mathrm{A} g) - \frac{\hbar^2}{2m}\int_{\mathrm{S}} \Big\{ f^* \Big[\frac{\partial}{\partial n}\mathrm{A} g - \sum_m \frac{\partial \varphi_m}{\partial n}(\varphi_m, \mathrm{A} g) \Big] - \frac{\partial f^*}{\partial n}\Big[\mathrm{A} g - \sum_m \varphi_m(\varphi_m, \mathrm{A} g) \Big] \Big\}\, d\sigma.$$

Le premier terme correspond à la loi en question; d'autre part, nous savons que les développements (1) peuvent n'être pas convergents sur un ensemble de mesure nulle, par exemple la frontière S du domaine, donc les intégrales de surfaces peuvent n'être pas nulles. Dans le cas où *le système* φ_m *ne vérifie aucune condition limite sur la frontière*, il n'y a pas de raison générale pour que (1) et ses dérivées ne soient pas convergentes sur elle, et alors nos intégrales de surfaces seront nulles et *la loi des matrices sera vérifiée bien que nous ne puissions pas définir un opérateur associé.*

Pour la condition limite $f = g = \varphi_m = 0$, pour laquelle, certainement, $\mathrm{A} g \neq \sum_m \varphi_m(\varphi_m, \mathrm{A} g)$ sur la frontière, puisque, en général $\mathrm{A} g \neq 0$ sur elle; nous voyons donc que *la loi des matrices est applicable à l'opérateur* p_x, *tandis que pour l'opérateur* H *nous avons*

$$(6')\quad (f, \mathrm{HA} g) = \sum_m (f, \mathrm{H}\varphi_m)(\varphi_m, \mathrm{A} g) + \frac{\hbar^2}{2m}\int_{\mathrm{S}} \frac{\partial f^*}{\partial n}\mathrm{A} g\, d\sigma \qquad (\text{cond. lim. } \varphi = 0).$$

Pour la condition limite $\partial f/\partial n = \partial g/\partial n = \partial \varphi_m/\partial n = 0$, nous avons, d'une façon générale, $\mathrm{A} g = \sum_m \varphi_m(\varphi_m, \mathrm{A} g)$ sur la frontière, tandis que certainement $\frac{\partial}{\partial n}\mathrm{A} g \neq \sum_m \frac{\partial \varphi_m}{\partial n}(\varphi_m, \mathrm{A} g)$ sur elle; donc *la loi continue à être applicable à* p_x, *mais pour l'opérateur* H, *nous avons*

$$(6'')\quad (f, \mathrm{HA} g) = \sum_m (f, \mathrm{H}\varphi_m)(\varphi_m, \mathrm{A} g) - \frac{\hbar^2}{2m}\int_{\mathrm{S}} f^* \frac{\partial}{\partial n}\mathrm{A} g\, d\sigma \qquad \Big(\text{cond. lim. } \frac{\partial \varphi}{\partial n} = 0\Big).$$

MÉTROLOGIE. — *Améliorations réalisées dans la définition des longueurs représentées par les étalons internationaux et dans la comparaison de ces longueurs.* Note de MM. **Albert Pérard** et **Charles Volet**, présentée par M. Charles Fabry.

Après la distribution, en 1889, des prototypes métriques aux pays adhérant à la Convention du Mètre, la situation des étalons internationaux était la suivante : auprès du Mètre international, deux témoins, le prototype désigné sous le symbole I_2, qui avait établi la liaison avec le Mètre des Archives, et le n° 13 de la grande coulée Johnson-Matthey; à la disposition du Bureau international, deux prototypes d'usage, le n° 26 de l'alliage J. M., et un prototype analogue T_3. En 1911 le Comité international des Poids et Mesures, constatant la qualité remarquable des tracés que René Benoît avait effectués en 1909 sur deux règles d'une coulée spéciale, T_1 et T_2, à section rectangulaire et à encoches, avait décidé que l'une constituerait un témoin supplémentaire du Mètre, tandis que l'autre serait laissée au Bureau international comme prototype de référence exceptionnelle. En outre le Bureau continuait à disposer de la règle n° 13_{74} (en alliage de 1874 dit du Conservatoire), à traits serrés à 20^{μ}, impropre aux déterminations absolues, bonne cependant comme étalon de dilatation. Enfin une règle en alliage de 1874, de forme en X, appelée T_4, comportait une échelle millimétrique sur toute sa longueur; mais son tracé était si défectueux qu'elle n'a jamais pu être utilisée.

En 1935, arguant des défauts manifestes non seulement des règles 13_{74} et T_4, d'usages spéciaux, mais aussi de la règle n° 26, que tous les observateurs rendaient responsable des divergences qui semblaient dépasser la précision attendue, nous obtenions du Comité international la permission de faire retracer ces trois étalons. Le témoin I_2, avec traits sur poli mat, était classé pièce historique; et le Bureau, autorisé à acquérir et retracer un nouveau prototype, achetait à l'Autriche le n° 19 (Alliage J. M.)

Dans les comparaisons générales qui précédèrent l'effaçage des traits, on constata une fois de plus que le tracé du Mètre international était beau; mais on dut reconnaître que celui du mètre n° 13, affecté d'une large balafre, devait également être renouvelé. Un vote par correspondance entre les membres du Comité accorda l'autorisation nécessaire.

Pour cette rénovation si délicate de tous ces tracés, d'une part nous

connaissions les hautes qualités des traits exécutés par la Société Genevoise sur les aciers; et d'autre part, au Bureau international, nous avions acquis, dans le polissage et dans les tracés sur platine iridié, une grande habileté, qui s'était affirmée dans l'exécution du prototype turc 21_{74}. La conjonction de ces deux expériences devait offrir les meilleures chances d'un heureux succès. Aujourd'hui, après une laborieuse série d'essais, l'on peut dire que les cinq tracés nouveaux des règles 13, 19, 26, 13_{74} (tracé spécial pour dilatations) et T_4 (divisée en millimètres sur toute sa longueur) donnent pleine satisfaction.

Les caractéristiques de ces tracés, que nous avions longuement étudiées en tenant compte de l'appréciation de tous les observateurs qualifiés du Bureau international, sont les suivantes : poli spéculaire irréprochable; qualité rigoureuse des traits : netteté, rectitude, parallélisme des deux bords, perpendicularité à l'axe de la règle; épaisseur de ces traits $3^{\mu},5$ (au lieu de 6 à 9^{μ} dans les tracés de 1888); distance des traits longitudinaux définissant l'axe de la règle $0^{mm},12$ (au lieu de $0^{mm},20$).

A cette amélioration des étalons devait correspondre une amélioration connexe de l'instrument d'observation. L'excellent comparateur Brunner a reçu des microscopes nouveaux : l'ouverture numérique des objectifs est passée de 0,08 à 0,17, tout en conservant une distance frontale de 58^{mm}; le grandissement de l'objectif étant 10, le grossissement total, précédemment de 60, peut maintenant être à volonté porté à 67, 90 ou 124. Les fils d'araignée ont été remplacés par des tracés sur verre à l'épaisseur de $8^{\mu},5$, à raison de 4 paires de traits transversaux aux intervalles respectifs de 90^{μ}, 100^{μ}, 115^{μ} et 135^{μ}, soit $9^{\mu},0$, $10^{\mu},0$, $11^{\mu},5$, $13^{\mu},5$ dans le plan de la règle. Aucun trait longitudinal central dans le micromètre, mais un ensemble de deux traits distants entre eux de 2^{mm}. Une disposition spéciale, projetant dans le champ de vision la graduation du tambour (dont chaque division équivaut à 5 centièmes de micron), économise la fatigue de l'œil.

Depuis plusieurs années, nous avions vu la nécessité de faire pointer l'observateur alternativement d'un côté du comparateur et de l'autre côté, de façon à éliminer le mieux possible cette *équation personnelle* qui, quoiqu'il semble au premier abord, ne disparaît pas dans les comparaisons de règles comportant des traits d'épaisseur différente. Tout récemment, nous avons senti l'intérêt d'inverser en même temps que l'opérateur chacun des microscopes avec son système d'éclairage, les traits risquant de recevoir un éclairage dissymétrique. Nos nouveaux microscopes comportent ce retournement.

Avec de nombreux perfectionnements de détail, actuellement tout ce bel ensemble a été mené à bonne fin. Il reste à déterminer les longueurs définies par tous les nouveaux tracés et à reconnaître quelle est l'importance de l'échelon ainsi gravi vers une plus haute précision. Dans ce but, le Mètre international et son dernier témoin T_1 viennent d'être extraits de leur caveau pour participer aux comparaisons générales, commencées depuis quelques jours, et qui vont se poursuivre, à quatre observateurs, pendant près de quatre mois, entre le Mètre, ses trois témoins et les trois prototypes d'usage du Bureau.

Au moment où les étalons à bouts, revenant sous une autre forme et mis en œuvre sans contact mécanique par la production des interférences lumineuses, paraissent tenter de reprendre l'avantage sur les étalons à traits, il était bon de rechercher de quelle précision étaient susceptibles les prototypes métriques à traits, si on leur appliquait, à eux aussi, les ressources de la technique moderne.

ACOUSTIQUE. — *La dispersion des ondes ultrasonores dans l'huile de ricin.* Note de M. **Ladislav Zachoval**, présentée par M. Paul Langevin.

Depuis la découverte de la dispersion des ondes ultrasonores dans les gaz, la dispersion des ondes ultrasonores dans les liquides a été souvent envisagée. Il est d'un grand intérêt de savoir si les liquides se comportent comme les gaz, ou si les causes d'une éventuelle dispersion des ultrasons sont différentes pour les gaz et pour les liquides.

Jusqu'ici aucune dispersion incontestable n'a pu être mise en évidence. Mais les expériences faites ne sont ni nombreuses ni certaines. Parmi les causes possibles de la dispersion, la viscosité joue certainement un rôle assez important. R. Lucas a établi, comme conséquence de la théorie de Stokes, une relation donnant l'influence de la viscosité sur la vitesse des ondes longitudinales dans les liquides (1). Suivant cette relation on ne peut s'attendre à trouver une influence de la viscosité que pour les liquides très visqueux.

Étant donnée la grande viscosité de l'huile de ricin, j'ai effectué des mesures de vitesse du son par la méthode de diffraction de la lumière par les ultrasons dans ce liquide.

Le quartz produisant les ultrasons, placé verticalement, était en contact

(1) R. Lucas, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 658.

avec l'huile de ricin seulement par une face. Un plan réflecteur des ultrasons était parallèle au quartz. La fréquence fondamentale de ce quartz est ν 1999,06 kc/sec. La fréquence du poste émetteur de haute fréquence, qui a été couplé au circuit du quartz mis dans l'huile de ricin, a été définie par un quartz de fréquence ν 1998,90 kc/sec. J'ai employé la fréquence fondamentale et le troisième harmonique de ce quartz *maître-oscillateur*.

Une plaque photographique a été placée au plan focal d'un objectif de longueur focale *d* 120^{cm}, placé derrière la cuve contenant l'huile de ricin. J'ai fait sur la même plaque les clichés des spectres de diffraction pour le fondamental, pour le troisième harmonique ainsi que celui du spectre d'un réseau de comparaison. Celui-ci, ayant 6 traits par millimètre, a été placé dans une position bien définie entre la cuve et l'objectif. La radiation lumineuse utilisée était le doublet D du sodium. La cuve contenant l'huile de ricin a été placée dans une enceinte thermostatique.

Les distances des raies de diffraction ont été mesurées sur les plaques photographiques à l'aide d'un comparateur et les erreurs probables ont été calculées.

En employant la méthode décrite, j'ai fait les clichés des spectres de diffraction pour l'eau et j'ai trouvé la même valeur de la vitesse pour les deux fréquences, ce qui est en accord avec les mesures déjà faites par les autres auteurs ([2]).

Le tableau suivant contient les résultats obtenus pour l'huile de ricin.

	Vitesses	
Température.	V_1, pour la fréquence fondamentale.	V_3, pour le troisième harmonique.
18°,1	1508,0 ± 0,6 m/sec	–
18°,175	–	1517,3 ± 0,6 m/sec; 1517,9 ± 0,6 m/sec
18°,3	1496,6 ± 0,8 »	–
18°375	–	1505,2 ± 0,6 »
18°5	1482,6 ± 0,6 »	–

Les résultats obtenus permettent les conclusions suivantes : 1° il y a une dispersion de la vitesse dans le sens correspondant aux actions de viscosité; 2° cette dispersion est plus grande que la théorie n'a pu le prévoir. La théorie donne pour ce cas $(V_3^2 - V_1^2)\,V_1^2 = 6.10^{-4}$, tandis que l'expérience donne la valeur moyenne $(V_3^2 - V_1^2)\,V_1^2 = 2.10^{-2}$.

([2]) A. K. DUTTA, *Phys. Zeitschrift*, 39, 1938, p. 186.

CHALEUR. — *Fusion du graphite sous très haute pression d'argon jusqu'à 4000 kg/cm².* Note (¹) de M. **James Basset**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une chambre à expérience des matériels réalisés par nous pour la recherche aux ultra-pressions et déjà décrits (²), j'ai adapté un dispositif expérimental permettant d'étudier la question très controversée de la fusion du carbone; j'ai pu réaliser la fusion incontestable du graphite et déterminer une valeur approchée de la température et de la pression critique au point triple.

Le dispositif représenté (*fig.* 1) comporte deux mâchoires prises de

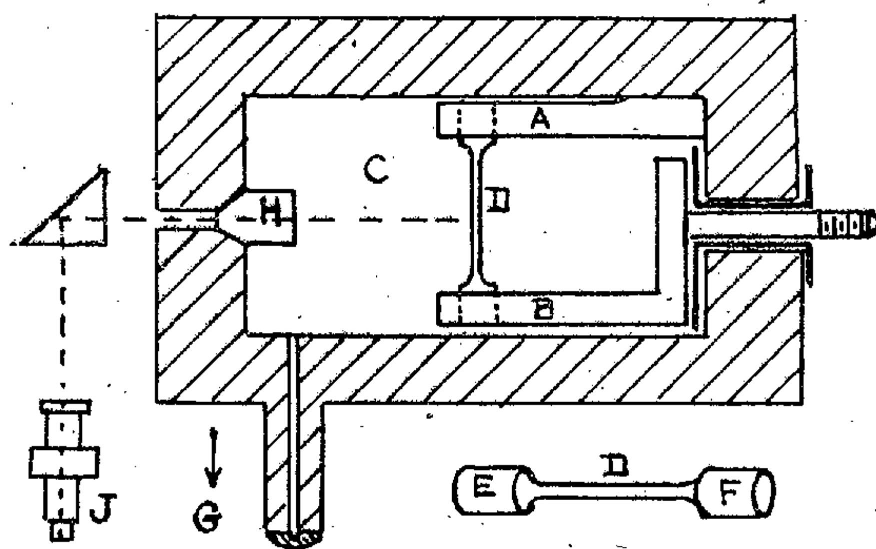


Fig. 1.

courant dont une à la masse A, et l'autre isolée B, solidaire d'une des culasses obturatrices d'une chambre à expérience cylindrique C; la mâchoire A est mobile pour permettre la libre dilatation.

On fixe entre les mâchoires A, B un bâtonnet cylindrique de graphite D, comportant deux masses de prise de courant cuivrées E.F, et réduit dans sa partie centrale D à un diamètre de 1,7 mm environ.

La chambre C peut être remplie d'argon comprimé à une pression quelconque par une presse à ultra-pression C décrite antérieurement (³).

Le bâtonnet est observé, et sa température mesurée, à travers une fenêtre

(¹) Séance du 16 janvier 1939.

(²) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 344, et **191**, 1930, p. 928.

(³) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1242.

de quartz H au moyen d'un pyromètre à disparition de filament J, muni d'écrans, et étalonné pour la mesure des hautes températures. Des blocs de charbon aggloméré très léger, calciné, et convenablement taillés, assurent un calorifugeage sommaire et protègent les parois de la chambre C.

On fait passer dans le bâtonnet un courant électrique d'intensité croissante jusqu'à rupture par volatilisation ou fusion du bâtonnet.

Des essais ont été faits depuis la pression atmosphérique jusqu'à 4000 kg/cm² d'argon.

Les premiers résultats de ces recherches sont les suivants :

1° La pression critique de fusion du carbone au point triple est voisine de 170 kg/cm² et la température critique voisine de 4000° K.

Au-dessous de cette pression le carbone se sublime sans fondre.

Au delà de cette pression le carbone peut exister sous les trois états solide, liquide et gazeux.

Lorsque la pression s'élève, des coulures de graphite de plus en plus compactes apparaissent à l'extrémité des parties rompues de la baguette.

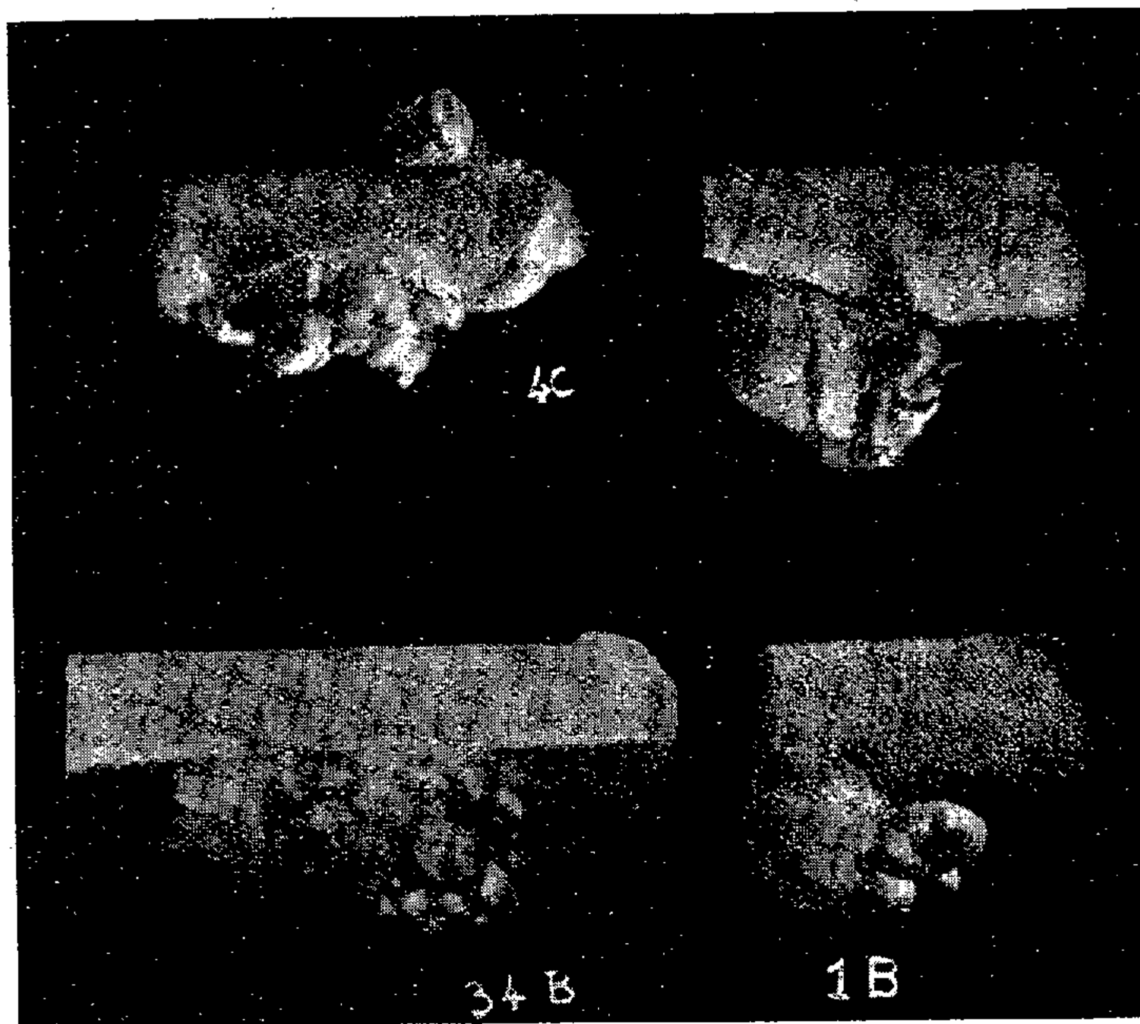


Fig. 2. — Rognons de graphite fondu sous 4000 kg/cm² d'argon.

La figure 2 montre l'extrémité de baguettes de graphite pur qui a coulé sous 4000 kg/cm² d'argon.

2° Le point de fusion du carbone paraît s'abaisser lorsque la pression croît, toutefois la mesure précise de la température est rendue très difficile par les vapeurs et condensations de carbone entourant la zone de fusion et les courants de convection dans l'argon sous pression.

3° Nous avons mesuré une densité de 2,25 sur des particules de graphite fondu sous 4000 kg/cm².

Une modification de l'appareillage est en cours de réalisation pour permettre une mesure plus commode des températures et la détermination plus précise des constantes critiques données ci-dessus en première approximation.

ÉLECTRONIQUE. — *Température des électrons* T_e *dans une décharge en colonne positive à courant alternatif* (50 *périodes par seconde*). *Résultats pour le néon.* Note (¹) de MM. **W. Uyterhoeven** et **C. Verburg**, présentée par M. Marcel Brillouin.

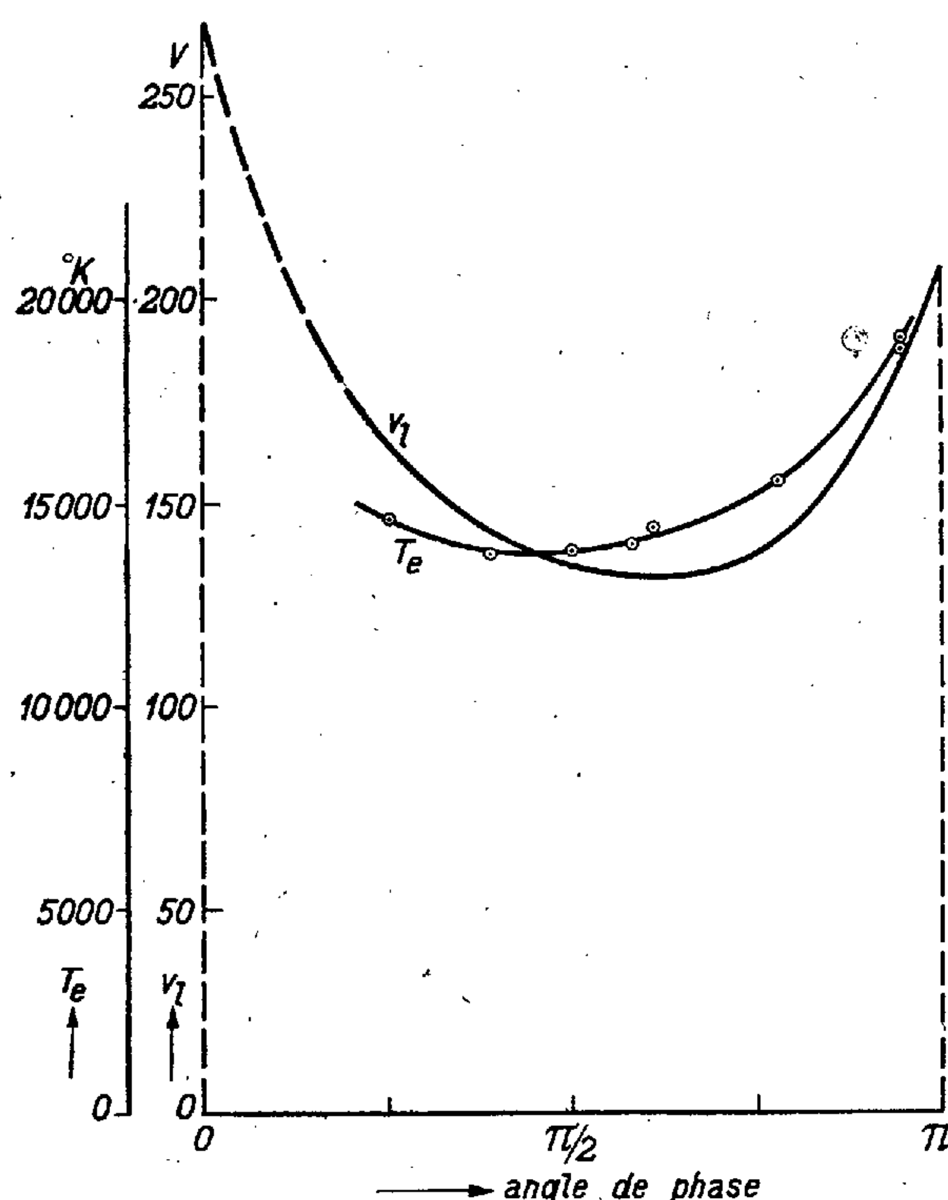
Nous avons décrit précédemment (²) une méthode permettant la détermination de T_e à chaque moment de la période. A cet effet on mesure la caractéristique du courant de sonde i_S en fonction de la différence de potentiel $(V_S - V_g)$ entre la sonde S et l'espace g de la décharge dans son voisinage. $(V_S - V_g)$ est la somme algébrique de trois composantes, la différence de potentiel entre espace et électrode principale, la chute de tension dans la résistance et la tension appliquée de la batterie. Choisissant un moment donné dans la période, on garde constante la première des trois composantes et les deux autres peuvent être mesurées. On peut donc déterminer pour un angle de phase quelconque la caractéristique courant-tension de la sonde. Les courbes obtenues ont la même forme que celles trouvées en courant continu. Le diagramme semi-logarithmique du courant d'électrons arrivant à la sonde contre la tension retardatrice $(V_S - V_g < 0)$ est rectiligne et permet la détermination de T_e. La figure donne les résultats de pareilles mesures exécutées pour différents angles de phase. La variation de T_e en fonction du temps est analogue à celle de la tension v_l aux bornes de la lampe, également indiquée sur la figure ci-après. Ce résultat était à prévoir, puisque la température des électrons,

(¹) Séance du 9 janvier 1939.

(²) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1386.

pour un diamètre du tube et une pression de gaz donnés, dépend en premier lieu du gradient de potentiel.

Dans l'étude des décharges en courant alternatif nous avons trouvé en outre que lorsque la pression n'est pas trop faible, la température des électrons n'est plus la même le long d'un rayon. Elle est maximum dans l'axe et diminue vers la paroi; par exemple, pour la décharge à laquelle se rapporte la figure, $T_e = 13800°$K. pour l'axe et $T_e = 11500°$K. près de la



Variation en fonction du temps de la température des électrons T_e (dans l'axe) et de la tension aux bornes v_l pour une décharge en courant alternatif (50 ∼) dans le néon, $p = 70^{mm}$, $D_i = 13^{mm}$ (diamètre intérieur), $I_l = 0,625$ A et $V_l = 150$ V (valeurs effectives). Au début de la demi-période la tension v_l présente des variations rapides dues aux stries (partie pointillée). Aux deux électrodes principales se trouvent des décharges auxiliaires qui les réduisent autant que possible.

paroi pour un angle de phase $\pi/2$. A faible pression, environ 10^{mm} par exemple, cette différence n'existe plus.

Ce phénomène n'est pas dû à un effet d'inertie, c'est-à-dire au fait que le courant à la sonde ne peut suivre les variations rapides du courant alternatif dans la décharge. Nous avons éliminé cette interprétation possible,

en étudiant au moyen d'un oscillographe à rayons cathodiques, l'allure de la caractéristique de sonde pour des fréquences différentes du courant alternatif (jusque 500 périodes par seconde). En plus, nous avons utilisé la méthode décrite pour mesurer T_e dans une décharge analogue en courant continu. Elle fournit les mêmes résultats que la méthode classique et ne donne aucune variation de T_e avec la distance à l'axe.

Il reste à signaler un point. Dans les décharges utilisées il se présentait toujours une chute anodique variable et des stries mouvantes très régulières. Au moment où l'une de ces dernières passe au droit de la sonde la densité des ions et électrons, ainsi que T_e, subissent des variations rapides. Pour éliminer les deux effets indiqués, nous avons utilisé la méthode préconisée par Pupp (3), qui consiste à faire fonctionner près des électrodes principales des décharges auxiliaires sous forme d'arc à bas voltage. Celles-ci augmentent la densité des ions et électrons près des électrodes, diminuent de ce fait les variations de la chute anodique de potentiel et aussi l'intensité des stries. De cette façon il est possible de stabiliser la décharge de manière à obtenir des valeurs facilement reproductibles. La colonne positive ayant une longueur de 20^{cm}, n'est pas influencée par les changements des chutes anodique et cathodique que cette stabilisation entraîne.

IONISATION. — *Sur la formation des gros ions dans les gaz en fonction de la grosseur des particules en suspension.* Note de M. **Ouang Te-Tchao**, présentée par M. Paul Langevin.

I. Nous avons vérifié expérimentalement (1) qu'au moment de l'équilibre, la proportion des gros ions est indépendante de l'intensité du rayonnement ionisant, comme le prévoit la théorie de M. Langevin (2). Cette proportion ne dépendant que de la grosseur des particules présentes dans le gaz, il était intéressant d'étudier expérimentalement la variation de la proportion des gros ions en fonction de la grosseur de ces particules.

II. Rappelons (3) qu'au moment de l'équilibre entre gros ions et petits

(3) Brevet néerlandais N° 22088 du 11 avril 1927. N. V. Philips Gloeilampenfabrieken, G. Holst; W. Pupp, *Physikal, Z.*, 33, 1932, p. 844-847.

(1) Ouang Te-Tchao et Mlle A.-M. Moulin, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1464.
(2) *Bull. de la Soc. fr. de Phys.*, 4e fasc., 1905, p. 79.
(3) Ouang Te-Tchao et A. Langevin, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1049.

ions, on a les relations

$$P = \frac{\alpha}{\beta}[M - (P + N)] \quad \text{et} \quad N = \frac{\alpha'}{\beta'}[M - (P + N)].$$

M, nombre des particules par centimètre cube; P et N, les gros ions positifs et négatifs respectivement; α, coefficient d'absorption des petits ions positifs par les particules neutres; α', étant le coefficient d'absorption des petits ions négatifs par les particules neutres; β et β', coefficients de recombinaison entre P, n (petit ion négatif) et N, p (petit ion positif).

Appelons X le rapport entre le nombre des gros ions positifs et celui des particules neutres et Y le rapport entre le nombre des gros ions négatifs et celui des particules neutres. Il vient

$$X = \frac{P}{M - (P + N)}, \qquad Y = \frac{N}{M - (P + N)}, \qquad XY = \frac{\alpha\alpha'}{\beta\beta'}.$$

Pour des raisons que nous avons indiquées dans une Note précédente [3], α et α' sont proportionnels aux mobilités k_1 et k_2, et β et β' sont proportionnels aux sommes $(k_1 + K)$ et $(k_2 + K)$. Par conséquent

$$XY = \frac{ct_1 k_1 k_2}{ct_2(k_1 + K)(k_2 + K)}.$$

Puisque K, mobilité des gros ions, est négligeable par rapport à k_1 et k_2, on a

$$XY = \text{const.}$$

Le produit de ces deux proportions d'ions ne dépend plus de la grosseur de ceux-ci, si leur mobilité est négligeable par rapport aux mobilités des ions ordinaires.

III. Pour produire plusieurs groupes de particules en suspension dont la grosseur moyenne prenne des valeurs nettement différentes, nous avons choisi cinq sortes de fumées produites par la combustion de matières organiques différentes. La grosseur prédominante de chaque sorte de fumée a été mesurée par la méthode de la perte de poids [4]. Les valeurs obtenues ont été ensuite contrôlées par la méthode du champ alternatif [5]. Dans chaque expérience, nous avons déterminé la concentration M des particules par la méthode de numération [6]. Ensuite nous avons déterminé les nombres de gros ions P et N en mesurant les charges de chaque signe

(4) Ouang Te-Tchao, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 852.

(5) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 240, et *J. de Phys.*, 7e série, 9, 1938, p. 501.

(6) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 855.

portées par ceux-ci et en tenant compte du fait (¹) que la charge des gros ions d'un rayon de l'ordre de 10^{-5} cm est égale à la charge élémentaire. Il était ainsi possible de calculer le produit XY.

Les résultats de nos expériences sont résumés ci-dessous.

Fumées dégagées de	Rayon$\times 10^5$ cm.	P/M.	N/M.	X.	Y.	XY.
Parfum Chinois............	2,68	1/17,2	1/15,0	1/15,1	1/13,2	1/199,3
Parfum *Cantonais*.........	3,35	1/18,5	1/14,2	1/16,2	1/12,4	1/200,8
Produit antimoustique (gros).	4,98	1/18,1	1/14,5	1/15,9	1/12,7	1/201,9
Produit antimoustique (fin)..	5,08	1/19,6	1/13,3	1/17,1	1/11,5	1/196,6
Parfum *Chrysanthème*.....	5,51	1/28,8	1/9,3	1/24,6	1/8,0	1/196,8

IV. *Conclusions.* — 1° Le produit des deux proportions de gros ions est sensiblement constant quelle que soit la grosseur de ceux-ci, en plein accord avec la théorie.

2° Le nombre des gros ions positifs est d'autant plus petit que leur grosseur est plus élevée.

3° Le nombre des gros ions négatifs est d'autant plus grand que leur grosseur est plus élevée.

4° Il semble qu'il n'existe pas de relation simple entre la grosseur et la proportion des ions.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'absorption de la vapeur de soufre dans le visible.* Note de Mlle **Nina Morguleff**, présentée par M. Charles Fabry.

Au cours de l'étude des spectres continus des molécules polyatomiques de soufre, nous avons obtenu des clichés sur lesquels les bandes d'absorption, situées dans le visible, apparaissent avec une grande netteté. Il a été possible de mesurer ces bandes avec une précision supérieure à celle qu'avaient atteinte précédemment Rosen et Neven (¹), et cela nous a amené à réexaminer l'interprétation qu'ils avaient donnée de ces bandes. Ceci présentait un double intérêt : d'une part Rosen et Neven, tout en donnant plusieurs preuves en faveur de l'attribution de ces bandes au système principal de S_2, n'avaient pu, à cause de la faible précision de leurs mesures, écarter définitivement l'hypothèse, selon laquelle les bandes appartiennent à $S_x (x \neq 2)$. D'autre part, si l'hypothèse de Rosen et Neven

(¹) *J. de Chim. Phys.*, 35, 1938, p. 58.

se confirmait, une mesure précise des bandes en question permettrait de localiser les perturbations des états supérieurs du système principal.

Les bandes étudiées ne présentant pas de têtes de bandes marquées, il nous a paru plus intéressant de mesurer la position des maxima d'absorption. Cette façon de procéder ne présente pas d'inconvénient grave pour la comparaison des résultats avec le schéma du système principal $^3\Sigma - {^3\Sigma}$ de S_2, car un calcul rigoureux de ce schéma n'est pas possible, les formules étant approximatives et les perturbations très importantes. Les résultats des mesures sont portés dans le tableau ci-dessous. D'après ce tableau, on voit que le schéma est essentiellement le même que celui donné par Rosen et Neven, toutefois le classement de quelques bandes est un peu différent. La constance des ΔG est suffisamment bonne pour permettre d'affirmer que le schéma de vibration des bandes, donné dans le tableau, est correct.

v''. v'....	13.		14.		15.		16.		17.		18.	$\Delta G''$.
19......	24113											
	597											597
20......	23517	334	23851									
	593		583									588
21......	22924	344	23268	324	23592	369	23961					
	573		578		574		577					575
22......	22351	339	22690	328	23018	366	23384	304	23688	351	24039	
					575				576		577	575
23......					22443				23112	350	23462	
									574			574
24......									22538			
$\Delta G'$.....		339		326		367		304		350		

La comparaison du tableau avec le schéma de S_2 montre que le seul moyen d'y introduire les bandes en question est de leur attribuer les fréquences v', v'' indiquées ci-dessus. Les valeurs de $\Delta G'$ pour $v' = 12$ à 18 et de $\Delta G'' = 19$ à 24 sont en moyenne légèrement inférieures à celles que fournit la formule de Naudé et Christy ([2]), modifiées par Fowler et Vaidya ([3]).

Les irrégularités dans la fonction $\Delta G''/v''$ doivent être probablement attribuées en grande partie au fait d'avoir mesuré les maxima au lieu des têtes de bandes et à la présence de bandes faibles (dites bandes A). Par

---

([2]) *Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 903.

([3]) *Proc. Roy. Soc.*, A, 132, 1931, p. 310.

contre, les irrégularités dans la fonction $\Delta G'/v'$ sont trop grandes pour pouvoir être expliquées de la même manière. Il paraît évident que des perturbations très intenses interviennent et que les niveaux les plus perturbés sont les niveaux $v'=16$ et $v'=17$. On sait que c'est précisément pour ces deux niveaux que la seconde prédissociation du soufre est la plus marquée [4]. Jusqu'à présent ces perturbations n'ont pu être étudiées [5] que d'après les observations faites sur les bandes de la série $v''=0$. Nos observations confirment l'existence de fortes perturbations du type vibratoire pour les fréquences v' élevées et permettent de les évaluer plus exactement qu'on ne l'avait fait jusqu'à maintenant.

OPTIQUE. — *Émission en bout des tubes à gaz luminescents. Rôle joué par les réflexions sur les parois.* Note de MM. **Paul Laîné** et **Roger Servant**, présentée par M. Aimé Cotton.

M. L. Dunoyer a calculé [1] le flux lumineux total émis en bout par un tube luminescent. Il ne tient pas compte dans ce calcul des réflexions sur les parois du tube. Or, il y a deux ans, nous avions entrepris une étude expérimentale (que nous avons dû interrompre) sur les meilleures dimensions à donner à la colonne lumineuse d'une lampe à gaz luminescent, et nous nous étions aperçu que dans ce cas les réflexions jouent un rôle important. Nous jugeons donc utile de signaler ici quelques-unes de nos observations.

Le rôle joué par les réflexions est bien mis en évidence par une expérience simple : Un tube de verre noirci extérieurement est fermé à ses extrémités par deux disques de carton percés d'un trou central très petit. On concentre sur l'un des trous la lumière d'un arc, la lumière sortant par l'autre dessine sur un écran une série d'anneaux ayant pour centre le point brillant correspondant au rayon direct passant par les deux trous. D'autres anneaux apparaissent si la surface extérieure n'est pas noircie.

Pour faire des déterminations quantitatives, sur le gain apporté par les réflexions, nous avions fait l'expérience suivante : Deux diaphragmes D_1 et D_2 (diamètre 8^{mm}) étaient placés à la distance l. Contre D_1 on avait placé

---

[4] W. Lochte-Holtgreven, *Z. f. Phys.*, 103, 1936, p. 395.
[5] E. Olsson, Thèse. Octobre 1938.

[1] *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1095 et 208, 1939, p. 93.

du côté de l'extérieur un écran opale vivement éclairé. D_1 figurait donc une *tranche* d'un tube lumineux dont D_2 aurait été la fenêtre de sortie. Derrière D_2 à une distance de 4^{cm} se trouvait une cellule au sélénium diaphragmée à 18^{mm}. Cette cellule était reliée directement à un galvanomètre dont la déviation δ renseignait sur la valeur du flux sortant de D_2 et compris dans l'espace déterminé par le diaphragme de la cellule et par D_2 (ouverture 1/4). On plaçait ensuite entre D_1 et D_2 un tube de pyrex (non noirci extérieurement) de longueur l et de diamètre intérieur 8^{mm}. On observait alors une déviation Δ bien supérieure, car le tube *canalisait* un flux plus important. Voici par exemple une série de mesures :

l cm.............	5	10	20	30	40	50	60	70
δ cm (sans tube)...	13	3,2	0,7	0,35	0,2	0,15	0,1	0,06
Δ cm (avec tube)...	44	28	14,5	9,6	7	5,3	4,1	3,5

Sauf dans le cas où il s'agit de tubes très courts, tels que ceux considérés à la fin par M. Dunoyer, cet appoint dû aux réflexions est important et il est nécessaire d'en tenir compte. On remarquera que, dans les mesures précédentes, nous n'avons pas utilisé le flux total mais seulement celui sortant dans un angle solide Ω et pouvant être capté par un condenseur.

Un raisonnement élémentaire, fait en tenant compte des réflexions, nous avait conduits à voir que, pour des tubes semblables dans le rapport k, le flux total émis en bout est proportionnel à k^3 et la brillance de l'extrémité du tube dans une direction donnée est proportionnelle à k, pourvu que le flux total émis par unité de volume de la colonne lumineuse reste le même et que l'absorption soit négligeable. Or, dans bien des questions de spectroscopie et de polarimétrie il importe surtout d'avoir des grandes brillances. On voit que, si le flux émis par unité de volume était proportionnel à la densité de courant ([2]), on pourrait pour augmenter la brillance en bout, soit multiplier la densité de courant par k, soit, cette densité restant constante, multiplier par k toutes les dimensions du tube. La première solution (tube étroit, grande densité de courant) s'imposerait car elle entraînerait une dépense d'énergie électrique moindre. En réalité le problème est plus complexe, car le flux émis par unité de volume (à pression constante et densité de courant donnée) dépend du diamètre du tube et la pression optima du gaz est elle-même fonction de ce diamètre ([3]).

([2]) D. Chalonge et M. Lambrey (*Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1104) ont trouvé que c'est à peu près le cas pour une lampe à hydrogène de dimensions données.

([3]) Cf. M. Laporte, dans *La photométrie des gaz ou vapeurs luminescents*, par MM. Ch. Fabry, M. Laporte, R. Jouaust, A. Blondel; Paris, 1936, p. 6.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la fusibilité des mélanges de sulfure et de carbonate de sodium purs anhydres.* Note de M. **Gaston Courtois**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'étude de la fusibilité des mélanges de sulfure et de carbonate de sodium purs a été effectuée dans le vide de la trompe à mercure, dans des conditions comparables à celles décrites dans le cas du système SO^4Na^2-SNa^2 (1). Nous avons utilisé le même appareillage et le même mode opératoire en prenant toutes les précautions nécessaires pour faire la détermination des points de fusion sur des mélanges connus de carbonate et de sulfure de sodium purs et parfaitement anhydres.

Les résultats trouvés, qui ont servi à tracer la courbe de fusibilité, sont rassemblés dans le tableau suivant :

		Mélange SNa^2 (pour 100).										
	CO^3Na^2.	6.	15.	30.	38.	42,5.	50.	60.	70.	75.	82.	SNa^2
a²/CO^3Na^2...	–	0,09	0,24	0,58	0,83	1	1,56	2,03	3,17	4,06	6,2	–
F..........	852	830	815	805	800	795	810	835	890	940	970–990	1180

Dans tous ces essais, on a constaté, à partir de 720°, une très faible baisse du manomètre, augmentant lentement par élévation de la température. Ce fait doit être attribué à un léger dégagement gazeux, en relation avec la dissociation du carbonate de sodium dans le vide, observation qui confirme les résultats obtenus par Lebeau (2).

Dans les expériences faites au-dessous de 835°, les volumes gazeux recueillis ont été inférieurs à 1^{cm^3}, la baisse du manomètre étant de 1 à $1^{mm},5$. Au-dessus de 835°, la dissociation s'accentue. Elle devient très nette à 940°, la dépression observée étant alors de 9^{mm}. Le mélange gazeux dégagé est de $4^{cm^3},7$; il est constitué essentiellement par de l'oxyde de carbone, renfermant une faible proportion de gaz carbonique et d'oxysulfure de carbone résultant de l'action du gaz carbonique ayant pris naissance sur le sulfure de sodium. Ces réactions secondaires sont extrêmement faibles et ne peuvent entraîner aucune cause d'erreur sensible dans nos déterminations.

Comme dans le cas des mélanges SO^4Na^2-SNa^2, les résultats donnés

(1) G. Courtois, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 199.
(2) *Comptes rendus*, **137**, 1903, p. 1255.

plus haut ne peuvent apporter une connaissance exacte de la courbe de fusibilité. Cependant ils paraissent suffisants pour permettre de conclure qu'il s'agit d'un système binaire possédant un eutectique fusible vers 795°, ayant une composition voisine du mélange équimoléculaire à 42,5 pour 100 de sulfure de sodium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la trempe sur la densité des verres boro-sodiques*. Note (1) de M. **Marc Foëx**, présentée par M. Paul Lebeau.

La trempe communique au verre des propriétés spéciales et modifie leurs différentes constantes physiques. Les densités, en particulier, sont abaissées.

Rencker (2) a étudié la trempe de l'anhydride borique vitreux. En ce qui concerne les densités des verres boro-sodiques, citons les travaux de Jenckel (3) et de Wulff et Majundar (4).

Les verres formés par mélanges de borax calciné ($2B^2O^3$-Na^2O) et d'anhydride borique ou de carbonate de soude, sont fondus à 1100°, sous la pression atmosphérique, en creuset de platine, puis coulés dans un creuset de nickel à la température ambiante. Les opérations sont toujours effectuées rigoureusement de la même manière. Par pesée on peut se rendre compte que les départs de matière (B^2O^3 ou Na^2O) sont très faibles, et en tout cas inférieurs à ce que l'analyse du verre, effectuée par ailleurs, permet de déceler.

Après mesure des densités dans le xylène par la méthode de poussée, il est procédé au recuit des verres. Ceux-ci sont portés à une température supérieure d'une cinquantaine de degrés au moins à celle de leur point de transformation respectif (3), (5). Après un séjour d'une semaine à cette température maximum, les verres sont refroidis lentement avec une vitesse de 0°,8 à l'heure environ. Il a été vérifié dans chaque cas qu'un recuit ultérieur, suivi de refroidissement lent, ne modifiait plus la densité et que l'état d'équilibre était atteint.

---

(1) Séance du 16 janvier 1939.
(2) *Comptes rendus,* **205**, 1937, p. 980 et 1396.
(3) *Z. Elektrochem.*, **41**, 1935, p. 211.
(4) *Z. Phys. Chem.*, B, **31**, 1936, p. 319.
(5) Samsoen, *Ann. de Phys.*, **9**, 1928, p. 35.

A.....	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20
B.....	1,8633	1,9153	1,9637	2,0070	2,0437	2,0742	2,1001	2,1226	2,1446
C.....	0,0510	0,0465	0,0427	0,0389	0,0349	0,0311	0,0274	0,0239	0,0214
A.....	22,5	23,75	25	26,25	27,5	30	32,5	33,33	35
B.....	2,1672	2,1785	2,1909	2,2028	2,2148	2,2376	2,2631	2,2721	2,2885
C.....	0,0192	0,0182	0,0172	0,0162	0,0152	0,0133	0,0135	0,0137	0,0139
A.....	37,5	40	42,5	45	47,5	50	52,5	55	
B.....	2,3103	2,3290	2,3450	2,3587	2,3699	2,3778	2,3840	2,3898	
C.....	0,0138	0,0138	0,0139	0,0141	0,0145	0,0137	0,0135	0,0140	

A, composition des verres en molécules pour 100^{mol} de B^2O^3.

B, densité des verres normaux (recuits). — C, diminution de densité obtenue par trempe.

J'ai représenté (*fig.* 1) l'accroissement relatif de volume spécifique des

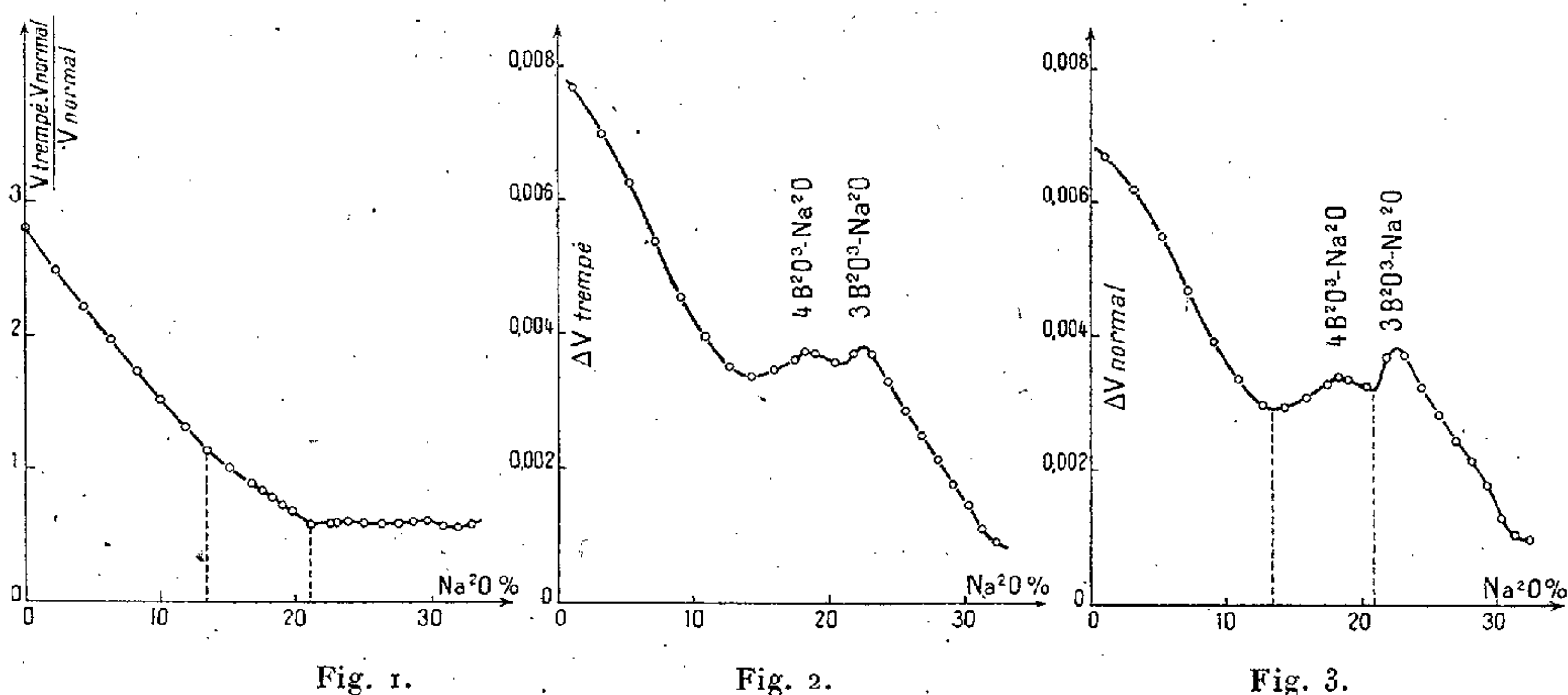


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

différents verres, après trempe, en fonction de la teneur en alcali de ces verres. C'est l'anhydride borique pur qui subit la plus forte variation de volume par trempe (2,82 pour 100). Cette différence décroît ensuite avec la quantité d'alcali jusqu'au verre contenant 21 pour 100 de Na^2O, puis reste à peu près constante.

Sur les figures 2 et 3 sont portés les accroissements moyens des volumes spécifiques des verres trempés (*fig.* 2) et normaux (*fig.* 3). Ces accroissements étant pris entre deux résultats consécutifs, pour une augmentation de la teneur en alcali de 1 pour 100.

Ces courbes présentent deux maxima pour des compositions très voisines de celles des composés $4B^2O^3$-Na^2O et $3B^2O^3$-Na^2O connus à l'état cristallisé ([6]). Un troisième composé $2B^2O^3$-Na^2O n'est pas indiqué de cette façon, mais il lui correspond une anomalie des différentes courbes.

([6]) JENCKEL, *Z. anorg. Chem.*, **227**, 1936, p. 214.

Ceci semble bien indiquer la présence de molécules des borates précédents dans les verres boro-sodiques.

D'autre part, les deux maxima de la courbe du verre normal ont lieu pour les mêmes compositions que les deux changements brusques de direction obtenus sur la courbe de la figure 1, pour des compositions voisines de $6B^2O^3$-Na^2O et $10B^2O^3$-$3Na^2O$. Ces derniers verres seraient peut-être formés par des mélanges en proportions simples des composés signalés précédemment soit 2 (B^2O^3) — 1 ($4B^2O^3$-Na^2O) et 1 ($4B^2O^3$-Na^2O) — 2 ($3B^2O^3$-Na^2O).

Enfin on remarque que les diverses particularités, spécialement le maximum $3B^2O^3$-Na^2O, de la courbe du verre trempé (*fig.* 2) sont beaucoup moins accentuées que celles obtenues avec le verre normal (*fig.* 3). Il est, d'après cela, permis de penser que l'organisation moléculaire des verres normaux est différente de celle des verres trempés. Si l'on suppose en particulier une dissociation des borates à haute température, la trempe aurait pour effet de maintenir les verres boro-sodiques dans un état métastable, caractérisé par une certaine proportion de molécules dissociées. Le nombre de ces molécules diminuerait par recuit et refroidissement lent, en donnant l'état d'équilibre à la température ordinaire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la corrosion des assemblages soudés d'alliages légers*. Note de MM. **Jean Cournot** et **Marc Baudrand**, présentée par M. Léon Guillet.

Cette étude est la suite de celle déjà exécutée à la demande du Service des Recherches de l'Aéronautique, sur les assemblages rivés d'alliages légers (¹).

Les mêmes alliages ont été utilisés : alliage léger spécial à haute résistance au nickel et au chrome, même alliage plaqué à l'aluminium pur, alliage léger au magnésium; les assemblages ont été exécutés :

1° par soudure électrique par résistance, par points;

2° par soudure oxyacétylénique, les apports étant l'aluminium pur, l'alliage léger à haute résistance, l'alliage léger au magnésium; des assemblages ont été laissés à l'état brut de soudure; d'autres ont été régénérés; la corrosion a consisté en une immersion totale de 1680 heures dans l'eau de mer artificielle; les essais ont porté sur : la charge de rupture du joint, la perte totale de poids de l'assemblage.

(¹) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1359, et 204, 1937, p. 1564.

Les résultats peuvent se grouper dans les tableaux ci-après.

1° *Soudure électrique par points.*

Assemblage.	Régénération.	Résultat de traction sur 2 points.	Perte de poids (mg/m²/h).	Observations.
Alliage HR et alliage HR	sans	330	2,75	Auréoles d'alumine autour des points.
	avec	345	2,07	Attaque homogène sur tout l'assemblage.
Alliage HR plaqué Al et alliage HR plaqué Al	sans	320	2,12	Attaque homogène sur les tôles assemblées.
	avec	380	1,98	
Alliage léger Mg et alliage léger Mg	sans	287	2,32	Corrosion spécialement active au joint.
Alliage HR et alliage léger Mg	sans	306	4,72	Attaque préférentielle sur l'alliage léger au Mg.
	avec	315	4,22	

Ces résultats sont tout à fait comparables à ceux obtenus dans des conditions analogues sur assemblages rivés; d'une manière générale, la corrosion est la plus active au joint, surtout sans régénération.

2° *Soudure oxyacétylénique.*

Assemblage.	Apport.	Régénération.	Traction (R/mm²).	Perte de poids (mg/m²/h).	Observations.
Alliage HR et alliage HR	Al pur	sans	17,8	5,59	Attaque privilégiée du cordon, plus accentuée sans régénér.
	»	avec	15,4	5,33	
	alliage HR	sans	29,6	4,38	Attaque privilégiée du voisinage de la soudure sans régénération, du cordon après régén.
	»	avec	34,5	3,61	
Alliage HR plaqué Al et alliage HR plaqué Al	Al pur	sans	21,6	5,51	Attaque localisée sur le cordon.
	»	avec	26,1	5,89	
	alliage HR	sans	30,1	3,12	Attaque privilégiée et homogène des tôles
	»	avec	36,4	2,87	
Alliage léger Mg et alliage léger Mg	all. léger Mg	sans	37,8	6,28	Attaque active du cordon.
Alliage HR et alliage léger Mg	alliage HR	sans	24,5	5,76	Attaque active de l'alliage léger au Mg près du cordon.
	»	avec	39,7	4,78	
	all. léger Mg	sans	33,6	7,09	Même observation et attaque active du cordon.
	»	avec	32,4	5,80	

Les meilleurs résultats d'ensemble sont donnés par l'alliage léger HR, avec ou sans plaquage d'Al, soudé par apport d'alliage HR, et après régénération; les résultats sur alliage plaqué Al ne sont pas très concluants, la mince couche d'Al étant localement détériorée.

En conclusions : La tenue à la corrosion des tôles assemblées est meilleure pour la soudure par points, surtout si l'on peut protéger assez massivement le joint; l'intérêt de la régénération, quand elle est possible, est incontestable; et l'on retrouve encore la grande nocivité, pour l'alliage léger au magnésium, du contact avec l'alliage léger à haute résistance, plaqué ou non d'aluminium pur.

CHIMIE MINÉRALE. — *La cristallisation spontanée et la vitesse de cristallisation de l'eau et de l'eau lourde.* Note (¹) de MM. **Jean Timmermans**, **Jean de Rooster** et **Jean Michel**, présentée par M. Marcel Delépine.

Cette Note est la suite de plusieurs autres (²) relatives à diverses propriétés de l'eau ordinaire et de l'eau lourde.

Dans nos recherches sur la cristallisation spontanée de l'eau, nous avons comparé l'étendue du domaine de la surfusion d'échantillons, filtrés ou non sur filtre Iéna G_5, d'eau bi- ou tridistillée; les tubes scellés contenant les échantillons étaient, les uns maintenus au repos et placés dans un thermostat, les autres violemment agités par un moteur. L'agitation a pour effet une notable diminution du pouvoir de surfusion qui de 10° est souvent réduit à 1°; quant à la filtration, elle n'étend guère le champ de la surfusion. Nous avons également évalué la durée de la surfusion en plongeant brusquement les tubes dans des bains froids; cette durée tend à s'annuler en dessous de —30° et augmente au contraire très rapidement, quand la surfusion ne dépasse pas une dizaine de degrés. Une chauffe prolongée des échantillons a généralement pour conséquence d'augmenter l'aptitude à la surfusion. Cet ensemble de résultats s'interprète aisément si l'on accepte l'hypothèse que la cristallisation commence autour de germes minuscules de substances solides étrangères en suspension : telle est d'ailleurs également la conclusion d'un récent article de N. E. Dorsey (³).

(¹) Séance du 16 janvier 1939.

(²) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1661; 201, 1935, p. 524 et 908; 202, 1936, p. 1061; 204, 1937, p. 1804.

(³) *J. of Research, Nat. Bur. of Stands.*, 20, 1938, p. 799.

L'eau lourde fournit des résultats tout à fait parallèles à ceux de l'eau ordinaire.

La capacité de surfusion relativement faible de l'eau et de l'eau lourde ne permet pas d'exécuter des mesures de vitesse de cristallisation (V. C.) jusqu'à la température où celle-ci atteint sa valeur maximum. Nous ne pouvons donc faire de comparaison à ce point de vue qu'en opérant à équidistance de la température de fusion; ce procédé nous a permis d'obtenir des résultats intéressants, résumés dans le tableau suivant (mesures exécutées dans un tube de 1^{mm} de diamètre intérieur et de 20^{cm} de long).

	Eau			Eau		
	ordinaire.	lourde 51 %.	lourde 95 %.	ordinaire.	lourde 51 %.	lourde 95 %.
Temp. de fusion.....	0°	+ 1°,95	+ 3°,75	0°	+ 1°,95	+ 3°,75
Degrés de surfusion...	6°	6°	6°	8°	8°	8°
Temp. de l'expérience.	− 6°,0	− 4°,05	− 2°,25	− 8°	− 6°,05	− 4°,25
V. C. en mm/min....	217	217	217	337	337	337

On constate donc qu'à des températures également éloignées de la température de congélation, les vitesses de cristallisation sont rigoureusement identiques; ceci confirme l'analogie des propriétés de l'eau ordinaire et de l'eau lourde, qui permet à ces deux corps de former une série continue de cristaux mixtes. Une règle aussi simple n'avait pas encore été découverte à notre connaissance, dans l'étude d'autres séries de cristaux mixtes.

Remarquons encore que les vitesses de cristallisation sont supérieures à celles indiquées par Tammann [4], aussi bien pour l'eau que pour l'eau lourde; pour l'eau ordinaire nos résultats confirment les données de Walton [5], mais sont inférieurs à ceux de Hartmann [6], qui paraissent entachés d'une erreur systématique.

---

[4] G. Tammann et A. Büchner, *Z. anorg. Chem.*, **222**, 1935, p. 12.

[5] J. H. Walton et A. Braun, *J. Amer. Chem. Soc.*, 38, 1916, p. 319.

[6] *Z. anorg. Chem.*, 88, 1914, p. 128.

CHIMIE MINÉRALE. — *Stabilité du sulfate manganique dans des solutions aqueuses d'acide sulfurique.* Note de M. **Louis Domange**, présentée par M. Paul Lebeau.

Le sulfate manganique (sulfate de manganèse III), dont la préparation est décrite par plusieurs auteurs ([1]), ([2]), ([3]), se présente en lamelles carrées de couleur vert foncé, solubles dans l'acide sulfurique relativement concentré.

La dilution progressive de la solution sulfurique fait apparaître des cristaux bruns hexagonaux auxquels Franke ([2]) attribue la formule $(SO^4)^3Mn^2.SO^4H^2.4OH^2$. Ce sel brun s'hydrolyse ensuite par un nouvel accroissement de la dilution. Nous sommes parvenu, de plusieurs manières, à préciser les limites de stabilité de ces deux sels.

Dans une série de flacons contenant des solutions connues d'acide sulfurique à teneurs décroissantes, nous introduisons une petite quantité de sulfate manganique anhydre. Le sulfate se dissout lentement jusqu'à saturation. Nous agitons plusieurs fois par jour jusqu'à ce que l'équilibre soit réalisé (15 jours au moins). Le poids de sulfate mis en expérience étant très faible par rapport au poids total, on peut admettre que la concentration de l'acide sulfurique n'a pas sensiblement varié. Les flacons sont conservés à une température de 16° C.

Il est possible de déterminer très simplement la dilution qui correspond à la transformation. En effet les deux sels se présentent sous des formes cristallines extrêmement différentes. Il est par suite facile d'observer au microscope l'apparition de quelques cristaux bruns au milieu du sel vert. Ce procédé nous donne, avant d'atteindre l'équilibre, une valeur approximative de la concentration cherchée. Les premiers cristaux bruns apparaissent dans le flacon qui contient une solution d'acide sulfurique à 75,3 pour 100 en poids.

D'autre part des mesures au comparateur photoélectrique pemettent de représenter par un graphique les variations d'intensité de coloration des solutions préparées. La courbe qui traduit le phénomène possède un point anguleux extrêmement net à 75,2 pour 100.

([1]) Carius, *Ann. Chem. Pharm. Lieb.*, 98, 1856, p. 53.
([2]) Franke, *J. prakt. Chem.*, 36, 2e série, 1887, p. 451.
([3]) L. Domange, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 1, 1937, p. 594.

De plus le pouvoir oxydant des solutions saturées, exprimé en grammes d'oxygène, permet de calculer la solubilité du sulfate; la représentation graphique de la solubilité montre un point singulier à 75,2 pour 100.

On peut donc fixer la limite inférieure de stabilité du sulfate manganique à $75,25 \pm 0,1$ pour 100.

La courbe de solubilité qui correspond au sel brun hydraté accuse un minimum pour 70 pour 100; elle croît ensuite très rapidement avec la dilution jusqu'à ce que cette dernière atteigne environ 52 pour 100, valeur pour laquelle le sel sulfate se détruit entièrement par hydrolyse.

Une analyse nous permet de comparer le sel brun au sel précédemment décrit par Franke. Par une chauffe dans le vide à 200° C., nous vérifions l'existence de la molécule d'acide sulfurique indiquée, mais nous trouvons 6^{mol} d'eau : $(SO^4)^3 Mn^2 . SO^4 H^2 . 6OH^2$.

On prépare le sel brun dans les meilleures conditions possibles en mettant du sulfate anhydre dans une solution d'acide sulfurique à 70 pour 100 (minimum de solubilité). Le sulfate est ensuite lavé à l'acétone et à l'éther anhydres, puis séché dans le vide à la température ordinaire.

En résumé, au cours de cette étude, d'une part nous avons déterminé les limites de stabilité du sulfate anhydre et du sulfate hydraté, d'autre part nous avons isolé et caractérisé un produit bien défini : le sulfate hydraté. Ce sel paraît identique au composé décrit par Franke, dans lequel cet auteur n'a trouvé que 4^{mol} d'eau.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du bromure d'éthylmagnésium sur l'éthylanilide butyrique*. Note [1] de Mlles **Marthe Montagne** et **Yvonne Isambert**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons indiqué antérieurement [2] que la condensation de l'éthylanilide butyrique avec le bromure d'éthylmagnésium conduit à deux produits principaux : le diéthylpropylcarbinol et l'éthylanilide d'un acide β-hydroxylé en C^{10} : l'éthylanilide α-éthyl β-éthyl β-hydroxyhexanoïque. La présente Note a pour objet d'expliquer la formation de ce dernier corps. Le diéthylpropylcarbinol provient, on l'a vu déjà [2], du fait qu'il apparaît de l'éthylpropylcétone dans le milieu réactionnel, avant toute hydrolyse, par suite de la dissociation du complexe initial.

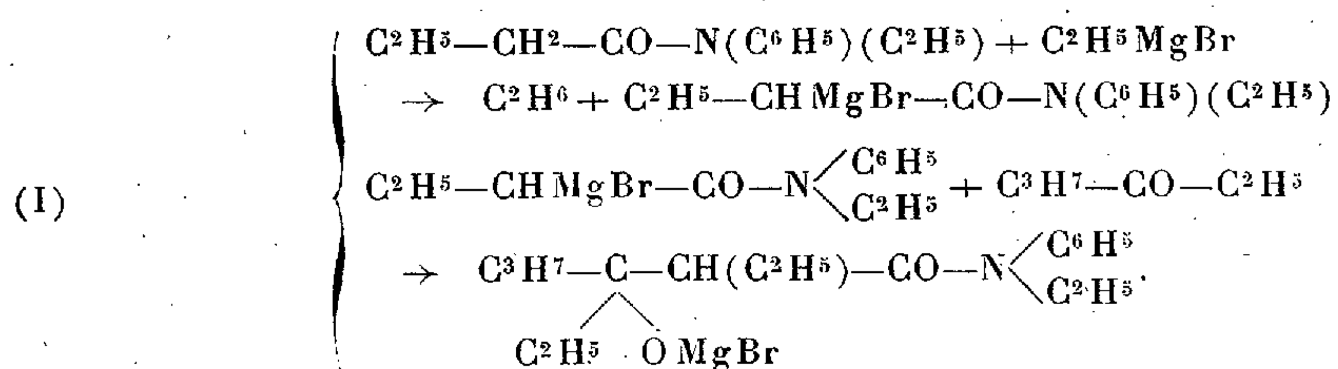
(1) Séance du 9 janvier 1939.

(2) *Comptes rendus*, 201, 1936, p. 331.

La réaction de l'éthylanilide butyrique avec le bromure d'éthylmagnésium est toujours accompagnée d'un important dégagement gazeux d'éthane. A la suite de nombreuses observations analogues, l'une de nous ([3]) formula l'hypothèse d'une énolisation de la fonction N-dialcoylamide sous l'influence du réactif de Grignard, hypothèse qui postule l'existence d'un atome d'hydrogène mobile sur le groupe $-CH^2-$ en α de la fonction amide.

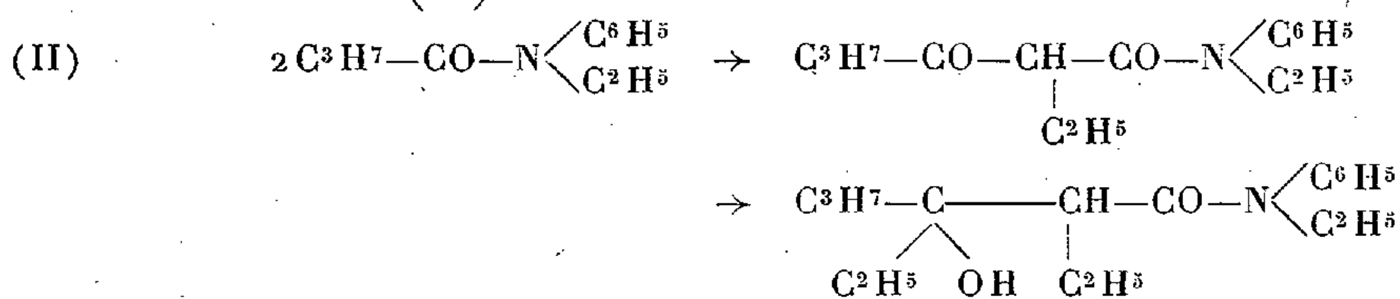
En étudiant le comportement de l'éthylanilide butyrique nous avons été amenées à modifier quelque peu cette conception. Tout se passe, en réalité, comme si l'éthylanilide butyrique était transformée par le bromure d'éthylmagnésium, en un véritable dérivé bromomagnésien : l'hydrogène mobile en α du groupe amidique étant *remplacé* par le reste —MgBr. Le nouveau réactif qui apparaît ainsi se condense avec une partie de l'éthylpropylcétone, libérée comme nous l'avons indiqué plus haut; le produit résultant est, après hydrolyse, l'éthylanilide α-éthyl β-éthyl β-hydroxyhexanoïque :

(I)



Il ne nous paraît pas possible d'admettre que l'éthylanilide β-hydroxylée dérive d'une éthylanilide β-cétonique intermédiaire : l'éthylanilide α-butyrylbutyrique, qui aurait été formée par la condensation de deux molécules de l'éthylanilide butyrique, sous l'influence du réactif de Grignard. On sait qu'une telle condensation a été observée par l'une de nous dans la série acétique ([3]). Dans cette hypothèse l'éthylanilide α-butyrylbutyrique, qui n'existe en aucune façon dans les produits de la condensation magnésienne, aurait dû être *intégralement* transformée en éthylanilide β-hydroxylée, suivant le schéma (II)

(II)



([3]) M. MONTAGNE, *Ann. de Chimie*, 10e série, 13, 1930, p. 45; *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1111.

L'expérience a montré, au contraire, que l'éthylanilide α-butyrylbutyrique n'est que partiellement transformée en éthylanilide β-hydroxylée par l'action d'un grand excès de bromure d'éthylmagnésium. On obtient un mélange liquide, inséparable par distillation sous pression réduite; mais, si l'on chauffe sous pression ordinaire, l'éthylanilide β-hydroxylée est dédoublée en éthylpropylcétone et éthylanilide butyrique; l'éthylanilide β-cétonique, inaltérée, peut alors être transformée en semicarbazone. D'autre part, l'hydrolyse bromhydrique du mélange liquide fait apparaître, à côté des corps, déjà signalés ([2]), qui dérivent de l'éthylanilide β-hydroxylée, une proportion importante de butyrone qui correspond à l'hydrolyse de l'amide β-cétonique.

Ivanoff et Spassof ([4]) ont observé, entre l'acide phénylacétique et les dérivés organomagnésiens, des réactions tout à fait analogues à celles que nous représentons par le schéma I ci-dessus. Il est remarquable que l'éthylanilide butyrique puisse être comparée, en ce qui concerne les condensations magnésiennes, à l'acide phénylacétique dont le groupement méthylénique possède des propriétés acides bien connues.

Il nous paraît probable que d'autres réactions anormales des amides N-dialcoylées avec les dérivés organomagnésiens, en particulier la condensation des amides acétiques en amides acétylacétiques, pourront être expliquées de façon analogue.

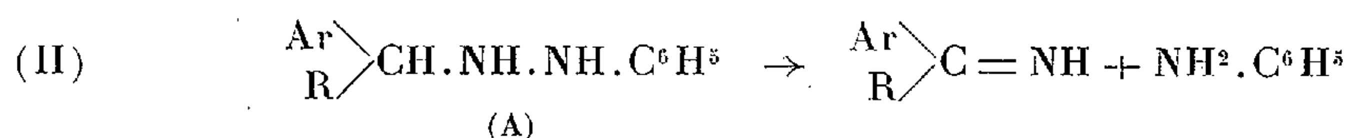
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les réactions secondaires observées au cours de la condensation des organomagnésiens avec les phénylhydrazones.* Note de M. **Panos Grammaticakis**, transmise par M. Marcel Delépine.

J'ai montré ([1]) que, par l'action des organomagnésiens mixtes sur les phénylhydrazones des aldéhydes, on obtient, à côté du produit d'addition normal de la réaction, comme principaux produits secondaires, des cétones Ar.CO.R(I) et de l'aniline en quantités équimoléculaires et, en petites quantités, des aniles et des phénylhydrazones de ces mêmes cétones. De plus, j'avais fait observer que le mécanisme, proposé par Busch et Rink, pour expliquer la formation des cétones et de l'aniline à partir des alcoylphénylhydrazines symétriques (A) ne doit pas être exact.

([4]) *Bull. Soc. Chim.*, 49, 1931, p. 371.

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1289.

Effectivement, un traitement convenable (²) des phénylhydrazones par les organomagnésiens permet d'obtenir les cétimines correspondant aux cétones (I), au lieu de ces cétones, et l'aniline. La formation des imines (³) et de l'aniline à partir des alcoylphénylhydrazines symétriques (A), conditionnée par la température, la nature du magnésien et celle de l'alcoylphénylhydrazine, peut être représentée par le schéma



$$\text{(II)} \qquad \begin{matrix}Ar\\R\end{matrix}\!\!>\!CH.NH.NH.C^6H^5 \;\rightarrow\; \begin{matrix}Ar\\R\end{matrix}\!\!>\!C = NH + NH^2.C^6H^5$$

(A)

En effet la condensation du bromure de phénylmagnésium avec les phénylhydrazones des benzaldéhyde, *p*-méthylbenzaldéhyde et *p*-méthoxybenzaldéhyde fournit, comme principaux produits secondaires, à côté de l'aniline, respectivement les imines des benzophénone, *p*-méthylbenzophénone et *p*-méthoxybenzophénone.

Les imines des *p*-méthylbenzophénone et *p*-méthoxybenzophénone s'obtiennent également lors du traitement de la phénylhydrazone du benzaldéhyde par le bromure du *p*-méthylphénylmagnésium et le bromure du *p*-méthoxyphénylmagnésium.

L'action du bromure d'éthylmagnésium sur les phénylhydrazones des benzaldéhyde, *p*-méthylbenzaldéhyde et *p*-méthoxybenzaldéhyde fournit, à côté de l'aniline, respectivement les imines de la propiophénone, de la *p*-méthylpropiophénone et de la *p*-méthoxypropiophénone.

Les mêmes imines sont obtenues en traitant la phénylhydrazone de l'aldéhyde propylique respectivement par le bromure de phénylmagnésium et le bromure du *p*-méthoxyphénylmagnésium.

La condensation de la phénylhydrazone du benzaldéhyde avec l'iodure de méthylmagnésium fournit l'imine de l'acétophénone et l'aniline.

En ce qui concerne la formation des aniles, elle peut être expliquée par la condensation des cétimines avec l'aniline.

Je dois souligner enfin l'intérêt que présente la formation effective des imines à partir des dérivés symétriques de la phénylhydrazine (⁴) (phénylhydrazones des cétones, alcoylphénylhydrazines) pour les mécanismes de

(²) Ce traitement consiste à éviter l'hydrolyse des cétimines formées.

(³) Les imines ont été identifiées par leurs constantes physiques, leurs produits d'hydrolyse et leurs phénylurées.

(⁴) P. Grammaticakis, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1307.

la transformation des phénylhydrazones en dérivés de l'indol, proposés par Reddelien ([5]) et Wieland ([6]), sans toutefois que ces mécanismes soient en complet accord avec les faits expérimentaux ([7]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation de quelques alcoxy- et arylalcoxyéthanols et homologues supérieurs.* Note de MM. **Léon Palfray**, **Sébastien Sabetay** et **Alexandre Halasz**, transmise par M. Marcel Delépine.

A part les éthers-oxydes, à bas poids moléculaire, du glycol, employés comme solvants et quelques termes, où R (alcoyl ou arylalcoyl) $> C^{10}$, décrits sommairement dans des brevets concernant les agents émulsionnants, peu d'alcools de ce type ont été préparés jusqu'ici.

Le benzyloxyéthanol a été obtenu par S. Danilow et Drachnitzine ([1]) et le benzyloxypropanol par C. L. Butler, A. G. Renfrew et H. Clapp ([2]) par action du glycolate monopotassique sur le chlorure de benzyle. Seul le benzyloxyéthanol a été décrit d'une façon complète. Le benzyloxybutanol-2 ainsi que le méthyl-1 heptoxy-1 butanol-2 et le cyclohexoxy-1 butanol-2 ont été préparés par l'un de nous ([3]) par action des magnésiens sur les aldéhydes à fonction éther-oxyde. Enfin le benzyloxybutanol-4 a été obtenu par réduction Bouveault et Blanc de l'ester éthylique de l'acide correspondant, et décrit par G. Mc Bennet et A. L. Stock ([4]).

Nous nous sommes proposé de faire une étude plus complète de cette série en l'étendant systématiquement aux dérivés alcoxylés et arylalcoxylés de l'éthanol et de ses homologues supérieurs.

Nous avons eu recours à des méthodes variées, car aucune d'entre elles

---

([5]) *Liebig's Ann.*, 388, 1912, p. 179.

([6]) *Die Hydrazine*, p. 124.

([7]) Bodforss, *Ber. d. Chem. Ges.*, 58, 1925, p. 776.

([1]) *Rev. Gen. Mat. Plast.*, 10, 1934, p. 364. Ils donnent $E_{13,6}$ 134-135, n_D^{20} 1,5225, d_{20}^{20} 1,073, en bon accord avec nous.

([2]) *J. Am. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 1472.

([3]) L. Palfray et M. Rotbart, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2183.

([4]) *J. Chem. Soc.*, 130, 1927, p. 472-476. A noter que cette même réaction, appliquée à l'oxyester $C^6H^5(CH^2)^3O - CH^2COOC^2H^5$, ne nous a pas donné l'alcool correspondant. Il y a eu coupure, par hydrogénation, de la fonction éther-oxyde en β.

n'est assez générale pour être applicable dans les divers cas particuliers. Voici les principales [5] :

1° Condensation de l'oxyde d'éthylène sur un alcool, en milieu acide. Cette méthode convient particulièrement lorsque l'alcool est abondant ou aussi lorsqu'il est sensible aux agents alcalins de déshydratation. Nous l'avons employée pour obtenir le phénéthoxyéthanol, car, en milieu alcalin, l'alcool phényléthylique primaire se déshydrate pour donner le styrolène.

2° Action d'un chlorure d'alcoyle sur le dérivé monopotassique du glycol en présence d'un large excès de glycol. On chauffe pendant plusieurs heures, tout en agitant mécaniquement. Les rendements sont de l'ordre de 75 à 90 pour 100. Cette méthode est applicable pour l'obtention des arylalcoxyéthanols, sauf toutefois les phénéthoxyéthanols, car en milieu alcalin, le chlorure de phényléthyle perd ClH et donne le styrolène (dans ce cas on a eu recours à la méthode à l'oxyde d'éthylène).

Par ailleurs, cette méthode au glycolate est utilisable dans le cas des alcools gras lourds; mais les chlorures et même les bromures sont trop inertes. Il faut utiliser les iodures et, même alors, il faut chauffer à 300°; à l'autoclave. Et même avec les iodures, les rendements sont inférieurs à ceux que donnent les halogénures arylaliphatiques. Nous ne nous arrêterons pas ici aux détails opératoires, qui seront exposés ailleurs. Mais nous avons tenu à compléter l'étude des alcoxyalcools obtenus jusqu'à présent par celle d'un certain nombre d'esters et d'éther-oxydes qui en dérivent, comme aussi à les caractériser par leurs allophanates.

D'autre part ces alcools doivent nous servir à la préparation des aldéhydes correspondants $R—O—CH^2—CHO$, car les méthodes actuellement existantes pour l'obtention de ces dernières (hydrolyse des acétals, oxydation des α-éthers-oxydes du glycérol par le tétraacétate de Pb ou par le périodate de K) ne sont pas généralement applicables aux cas que nous visons.

Nous présentons, sous forme de tableau, les constantes de nos alcoxyalcools et de leurs principaux dérivés.

---

[5] Nous nous sommes inspirés des techniques les plus récemment publiées, nous réservant de donner plus tard une bibliographie plus complète.

	E.	d.	n_D.	R_D. Trouvé.	R_D. Calculé.
H^5CH^2—O—CH^2—CH^2—OH	E_{17} 136-137°	d_4^{20} 1,0640	n_D^{20} 1,5233	43,63	43,33
Formiate	E_{21} 150	d_4^{20} 1,0010	n_D^{16} 1,5050	48,70	48,08
Acétate........................	E_{15} 145-146	d_4^{18} 1,0723	n_D^{17} 1,4979	52,80	52,58
Éther butylique	E_{15} 139-140	d_4^{17} 1,0065	n_D^{18} 1,5030	61,03	61,07
Allophanate....................	F. 156				
$H^5CH^2CH^2$—O—CH^2CH^2—OH...	E_{15} 140-142	d_4^{16} 1,0444	n_D^{16} 1,5179	48,16	47,95
Acétate........................	E_{18} 159-160	d_4^{17} 1,0611	n_D^{16} 1,4987	57,56	57,31
Allophanate....................	F. 150				
$H^5(CH^2)^3$—O—$(CH^2)^2OH$.......	E_{18} 154-155	d_4^{24} 1,0179	n_D^{20} 1,5140	52,86	52,57
Acétate........................	E_{18} 170	d_4^{17} 1,0370	n_D^{17} 1,4941	62,37	61,93
Allophanate....................	F. 131,5				
H^5CH^2O—$(CH^2)^3OH$...........	E_{20} 155-157	d_4^{18} 1,0484	n_D^{17} 1,5200	48,32	47,95
Acétate........................	E_{16} 154-156	d_4^{18} 1,0503	n_D^{19} 1,4918	57,47	57,71
Éther butylique................	E_{32} 160-162	d_4^{18} 0,9721	$n_D^{18,5}$ 1,4945	66,60	66,54
Allophanate....................	F. 119				
$H^5(CH^2)^3$—O—$(CH^2)^3OH$.......	E_{20} 160	d_4^{18} 1,0150	n_D^{20} 1,5123	57,46	57,46
Acétate........................	E_{20} 182-184	d_4^{17} 1,0203	n_D^{20} 1,4916	66,55	66,60
Allophanate....................	F. 113				
H^5CH^2O—$(CH^2)^2CHOH$—CH^3...	E_{18} 151-152	d_4^{20} 1,0220	n_D^{17} 1,5100	52,50	52,57
Acétate........................	E_{25} 170	d_4^{17} 1,0270	n_D^{19} 1,4869	62,06	61,93
Allophanate....................	F. 102				
$H^5(CH^2)^3O$—$(CH^2)^2CHOH$—CH^3.	E_{19} 175	d_4^{20} 0,9904	n_D^{17} 1,5020	61,90	61,80
Acétate........................	E_{18} 184-185	d_4^{17} 0,9989	n_D^{18} 1,4851	71,73	71,17
Allophanate....................	F. 165				
$H^3(CH^2)^{10}CH^2O$—$(CH^2)^2$—OH ...	F. 51				

MINÉRALOGIE. — *Contribution à l'étude minéralogique de la Côte Française des Somalis.* Note de M. **Edgar Aubert de La Rüe.**

Les seuls minéraux qui semblent avoir été signalés jusqu'à ce jour en Somalie Française sont le gypse et le sel gemme d'Assal ainsi que la magnétite, à l'état de sable dans les alluvions de quelques cours d'eau [1]. Une récente exploration de ce territoire (1937-38) m'a permis d'y rencontrer un certain nombre d'autres espèces minérales que Mlle S. Caillère a bien voulu m'aider à déterminer.

Les différentes séries de roches basaltiques et rhyolitiques qui consti-

[1] M. Dreyfuss, *Rev. Géogr. physique et Géologie dynamique*, 4, 1, 1931, p. 337.

tuent la plus grande partie du pays sont souvent très altérées et riches en zéolites, en calcite et en produits siliceux. Les zéolites s'observent surtout dans les basaltes. J'ai noté la présence de l'analcime, en petits cristaux limpides sur le versant ouest de la vallée de l'oued Kouri, à Guidoli et celle de la heulandite à Aleïta dans la vallée d'Aiboli. La stilbite n'est pas rare dans cette dernière vallée et dans celle de Magaleh (Goudah) ainsi que dans le ravin de Houmbla sur le versant est des Gamareh. Le mésotype est très commun entre Guélileh et Ali-Sabieh, à Damaholli (sentier d'Obock à Laassa) et dans le ravin de Houmbla. Les plus beaux échantillons de calcite proviennent de la plaine de Gountoï, un peu au nord-est du piton de Lakölli. Ce sont des rhomboèdres maclés, parfaitement incolores et limpides. La calcédoine et l'agate sont très répandues, aussi bien dans les rhyolites que dans les basaltes. Les rhyolites fluidales du Ras Doumeira contiennent notamment, en très grande quantité, des concrétions de calcédoine mamelonnée d'un gris pâle. Ce minéral est parfois accompagné par de l'opale comme dans les rhyolites du ravin de Demir-Kada, près d'Ambocto et celles un peu en amont de Dabhinta, du côté de Daddato dans la vallée de Weïma. Les basaltes de Letabolo (vallée de Sadaï), en plus de nombreux rognons de calcédoine, renferment des géodes quartzeuses, avec parfois un peu d'améthyste, associées à du jaspe diversement coloré.

La kalinite (alun potassique) forme des efflorescences à la surface de certains espaces chauds constitués par de l'argile rouge résultant de la décomposition du basalte, d'où s'échappent des fumerolles acqueuses d'une température de 100°, comme à Gambouli près de la rive orientale du lac Abbé et au pied des monts Dokoïno un peu à l'est de Garbes.

J'ai découvert des indices de cuivre assez étendus dans la vallée de l'oued Ororei-Daffareh, descendant du massif du Goudah et aboutissant au lac Assal. Ils se trouvent à 8^{km} environ en ligne droite au nord du Ghoubbet-el-Kharab, à l'altitude de 300^{m}. La minéralisation, accompagnée parfois de veines de calcite brune, consiste en mouches de chalcocite avec des inclusions de covellite et en chrysocolle, imprégnant des basaltes et des brèches basaltiques très altérés. La zone minéralisée s'étend le long de la vallée d'Ororei sur une distance d'environ 500^{m}. La roche, dans ses parties les plus riches, contient 8,80 pour 100 de cuivre et $0^{gr},5$ d'or à la tonne. (Analyse R. Campredon.)

J'ai rencontré, d'autre part, un bloc de minerai de manganèse parmi les éboulis du versant sud du mont Boura, en pays issa, à l'altitude de 650^{m}.

L'échantillon, constitué par du psilomélane et de la polianite, provient indiscutablement de ce massif car il est associé à une rhyolite semblable aux coulées qui forment le sommet de la montagne.

MINÉRALOGIE. — *Synthèse de l'orthose et de l'albite par pneumatolyse à l'aide d'explosifs brisants.* Note de MM. **Albert Michel-Lévy** et **Jean Wyart**, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons indiqué ([1]) qu'il avait été possible de reproduire artificiellement un silicate cristallisé, la willémite, Zn^2SiO^4, en mélangeant, à l'intérieur d'un tube de laiton, de la silice amorphe avec un explosif brisant, tel que l'hexogène, puis en faisant détoner l'ensemble au sein de bombes en acier et en soumettant les gaz formés à des recuits de quelques jours.

Nous signalons aujourd'hui l'obtention par un moyen analogue des feldspaths alcalins, l'orthose et l'albite.

Dans $1^g,50$ d'hexogène, on a mélangé $0^g,25$ de l'ensemble suivant : silice précipitée $0^g,12$, alumine $0^g,4$, carbonate de potassium ou de sodium $0^g,9$.

On a eu soin de faire détoner dans une atmosphère d'argon où l'on sait par les expériences poursuivies par l'un de nous, en collaboration avec M. H. Muraour, que les températures atteintes sous l'influence de l'onde de choc au moment de la détonation sont bien plus élevées que dans l'air et probablement supérieures à 10000°; les luminosités produites sont en effet exceptionnellement intenses et donnent un spectre continu, allant très loin dans l'ultraviolet.

Le tube servant de chambre à explosion était en argent dans le premier essai (orthose), en cuivre dans le deuxième (albite). Le recuit a duré 4 jours à 550° dans le premier cas, 4 jours à 510° dans le second; on a laissé en outre agir la pression des gaz pendant le refroidissement et avant l'ouverture de la bombe 6 jours dans le premier cas, 2 jours et demi dans le second.

Il s'est formé, principalement dans les parties hautes de la chambre d'explosion, une croûte scoriacée, recouverte de fins cristaux de deux espèces différentes, toutes deux solubles dans l'acide chlorhydrique dilué (carbonates ou azotates probables).

([1]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 261.

La scorie porcelainée qui subsiste après départ des cristaux précédents, se montre entièrement cristallisée en fibres groupées en sphérolites présentant la croix noire entre nicols croisés. Ces fibres sont de biréfringence faible, voisine de 0,007 et de 0,009, à allongement négatif, d'indice un peu inférieur à celui du baume. Les rayons K_α du cuivre ont donné dans le premier cas le spectre de poudre de l'orthose, dans le second celui de l'albite, en bon accord avec les caractères optiques observés en plaques minces.

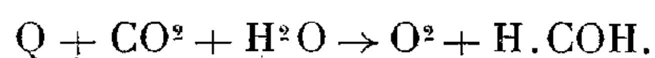
Par place, quelques groupements de petits cristaux, uniaxes à signe optique positif, semblent se rapporter au quartz.

Il s'est ainsi formé une véritable roche rappelant une pyroméride.

La genèse des feldspaths alcalins par voie gazeuse, ainsi réalisée, vient à l'appui de l'hypothèse faite depuis longtemps par les pétrographes pour expliquer la formation des filons d'aplite et de pegmatite à la voûte des massifs de granite; ces filons résulteraient du remplissage des fissures de retrait des granites par des éléments légers venant des profondeurs, facilement déplaçables et pouvant être transportés à distance, à l'état gazeux.

GÉOCHIMIE. — *Sur l'origine de la vie*. Note de MM. **Émile Desguin** et **Alexandre Dauvillier**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Étudiant les atmosphères successives du globe (¹) par la connaissance quantitative des éléments chimiques l'ayant constitué, l'un de nous a montré qu'après la condensation des océans, l'atmosphère était composée d'azote, d'anhydride carbonique, de vapeur d'eau et des gaz rares, à l'exclusion de l'oxygène et par conséquent de l'ozone. Or une telle atmosphère est parfaitement transparente dans l'ultraviolet pour les radiations de longueur d'onde λ 2000 Å qui sont capables de provoquer la synthèse directe, à partir de l'anhydride carbonique et la vapeur d'eau, de l'aldéhyde formique



$$Q + CO^2 + H^2O \rightarrow O^2 + H.COH.$$

Les mêmes réactions de polymérisation que celles qui se produisent dans les parties vertes des végétaux ont pu transformer l'aldéhyde formique en

(¹) A. Dauvillier, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 452; *Astronomie*, 52, 1938, p. 529-541.

hydrates de carbone de complexité croissante. Les phénomènes de l'électricité atmosphérique ont pu fixer sur ces corps l'azote atmosphérique. Rappelons la synthèse des polypeptides par Fischer et nous comprendrons que la surface des océans se soit recouverte de masses importantes de matières organiques endothermiques et colloïdales.

L'apparition de la vie nous apparaît alors comme un phénomène général, analogue à la cristallisation. C'est en effet à tort que l'on a considéré la nutrition, c'est-à-dire la propriété de faire la synthèse de sa propre substance, comme caractéristique des êtres vivants. Les cristaux de silicate de calcium dans le mortier se forment aux dépens de la silice et de la chaux.

Au point de vue physiologique, l'unité de la vie dans les deux règnes animal et végétal n'a plus à être démontrée. Que ce soit l'organisme lui-même, ou un autre organisme qui ait élaboré les matériaux, le phénomène vital essentiel est la respiration, l'oxydation de ces matériaux avec dégagement d'énergie.

Le hasard est nécessaire pour expliquer la formation des germes cristallins. Mais l'apparition de ces germes, capables de diriger la croissance de l'individu, a dû être multiple et presque fatale. Dans la même mesure, nous ferons appel au hasard pour expliquer la formation de centres d'activité chimique ayant, comme les germes cristallins, la propriété de ne procéder que d'eux-mêmes et de réaliser des synthèses. Ils peuvent, comme les cristaux, créer des groupements moléculaires analogues à eux-mêmes, seulement ils ne se les adjoindront pas en un édifice, ou, s'ils se les sont adjoints, ils s'en sépareront par bipartition. Mais ils peuvent aussi créer d'autres substances, les enzymes ou ferments. C'est par ce moyen (oxydases, réductases) qu'a dû s'établir une modulation de l'oxydation permettant à la réaction amorcée de ne pas s'étendre à toute la masse ([2]).

De tels centres d'activité chimique nous sont suggérés par les mitochondries. Nous avons donc une masse non limitée présentant une hétérogénéité bien différente de celle des cristaux. Cette matière que nous appellerons sarcode était éminemment impropre à la fossilisation et les conditions de sa formation ne sont plus réalisées.

Jusqu'à présent nous n'avons considéré que les éléments biogéniques fondamentaux C, O, H, N : très précocement S, P, Mg, Fe ont dû s'y adjoindre. Leur présence est nécessaire à la formation de deux sortes de

([2]) L'irritabilité est, à juste titre, considérée comme caractéristique de la vie. Nous la concevons de la même façon : les êtres vivants sont des explosifs, mais ils ont le pouvoir de moduler la réaction.

produits qui sont indispensables à la conception actuelle de la vie. Il s'agit, d'une part, des vitamines dont la parenté chimique est étroite avec les pigments, le carotène et la chlorophylle; d'autre part, de la chromatine, qui, par sa présence indispensable, crée, chez les êtres vivants, une nouvelle hétérogénéité. De même que les mitochondries régissent le chimisme du sarcode immédiatement contigu, de même la chromatine, le plus souvent condensée en un noyau, régit la vie de tout un territoire de sarcode. A un tel territoire on donne le nom de cellule.

Nous n'esquisserons pas l'évolution ultérieure des êtres vivants. Nous nous résumerons en soulignant la différence entre notre point de vue et la thèse classique affirmant que l'unité des êtres vivants est telle que la vie a dû apparaître une seule fois en un seul point par un véritable miracle, la génération spontanée.

Pour diverses raisons, au premier rang desquelles nous plaçons les recherches de Guilliermond, il ne nous paraît pas évident que les schizophytes soient immédiatement apparentés aux autres êtres vivants. Il nous paraît invraisemblable que toutes les caractéristiques de la vie actuelle aient pu se réaliser simultanément. Si nous avons fait appel au hasard pour l'apparition successive de ces caractéristiques, c'est bien en conformité avec les idées actuelles sur l'évolution. Pour important que soit le darwinisme, il s'est montré insuffisant. L'évolution se fait par mutations, équivalentes à un hasard.

Si nous nous élevons contre la conception classique d'après laquelle les organismes autotrophes ont dû être les ancêtres de tous les êtres vivants, c'est parce que la production et l'activité même de la chlorophylle sont liées à l'existence d'un substratum vivant qui a dû nécessairement exister préalablement.

La vie primitive dépendait, non de la fonction chlorophyllienne, mais de la photosynthèse directe de l'aldéhyde formique. Cette réaction mettait en liberté de l'oxygène utilisable pour la respiration. Une partie était transformée en ozone par l'ultraviolet. Ces deux gaz limitèrent progressivement le spectre solaire et la synthèse des matières organiques fut arrêtée pour toujours. L'apparition de la chlorophylle permit alors l'utilisation des grandes longueurs d'onde du spectre visible. La limitation du spectre solaire par l'ozone, au lieu d'être catastrophique pour la vie, fut au contraire providentielle, car les radiations ultraviolettes sont mortelles pour tous les organismes vivants. La belle découverte, par Hartley, Fabry et Buisson, de la limitation du spectre solaire par l'ozone, prend, par ces considérations, une importance géochimique capitale.

ALGOLOGIE. — *Sur les algues* Vaucheria *observées dans la région du Sud-Ouest et sur une nouvelle espèce de ce genre.* Note (¹) de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Nous avions signalé récemment la présence de *Vaucheria sphærospora* Nordst. var. *dioica* Rosenv. dans la Garonne et dans un ruisseau affluent à Gradignan (²). Cette espèce diffère de toutes les Vauchéries d'eau douce par la présence de chloroplastes pourvus de pyrénoïdes. Nous avons depuis retrouvé ce caractère chez d'autres espèces marines ou submarines, comme *V. Thuretii* Woron., *V. litorea* Hofm. B. et *V. piloboloides* Thuret. Par conséquent, jusqu'ici, quatre espèces de *Vaucheria* se distinguent par leurs plastes de toutes les autres et il est intéressant de noter que ce sont des espèces liées à l'habitat marin ou, comme le *V. sphærospora*, vivant par exception dans l'eau douce. D'autres *Vaucheria* de la région maritime arcachonnaise sont dépourvues de pyrénoïdes comme le *V. synandra* Woron. (Arès), le *V. coronata* Nordst. (Gujan), le *V. intermedia* Nordst. (Andernos).

La présence de pyrénoïdes ne correspond pas aux sections distinguées par les auteurs dans le genre *Vaucheria* en se fondant principalement sur les caractères des anthéridies, c'est ainsi que *V. Thuretii* et *V. litorea* appartiennent respectivement aux sections *Woroninia* Solms-Laubach et *Piloboloideæ* Walz, alors qu'ils ont en commun le caractère de leurs chromatophores. En revanche le *V. intermedia*, très voisin par ses organes sexués du *V. sphærospora*, en diffère par ses chromatophores discoïdes sans pyrénoïdes et analogues à ceux des espèces d'eau douce.

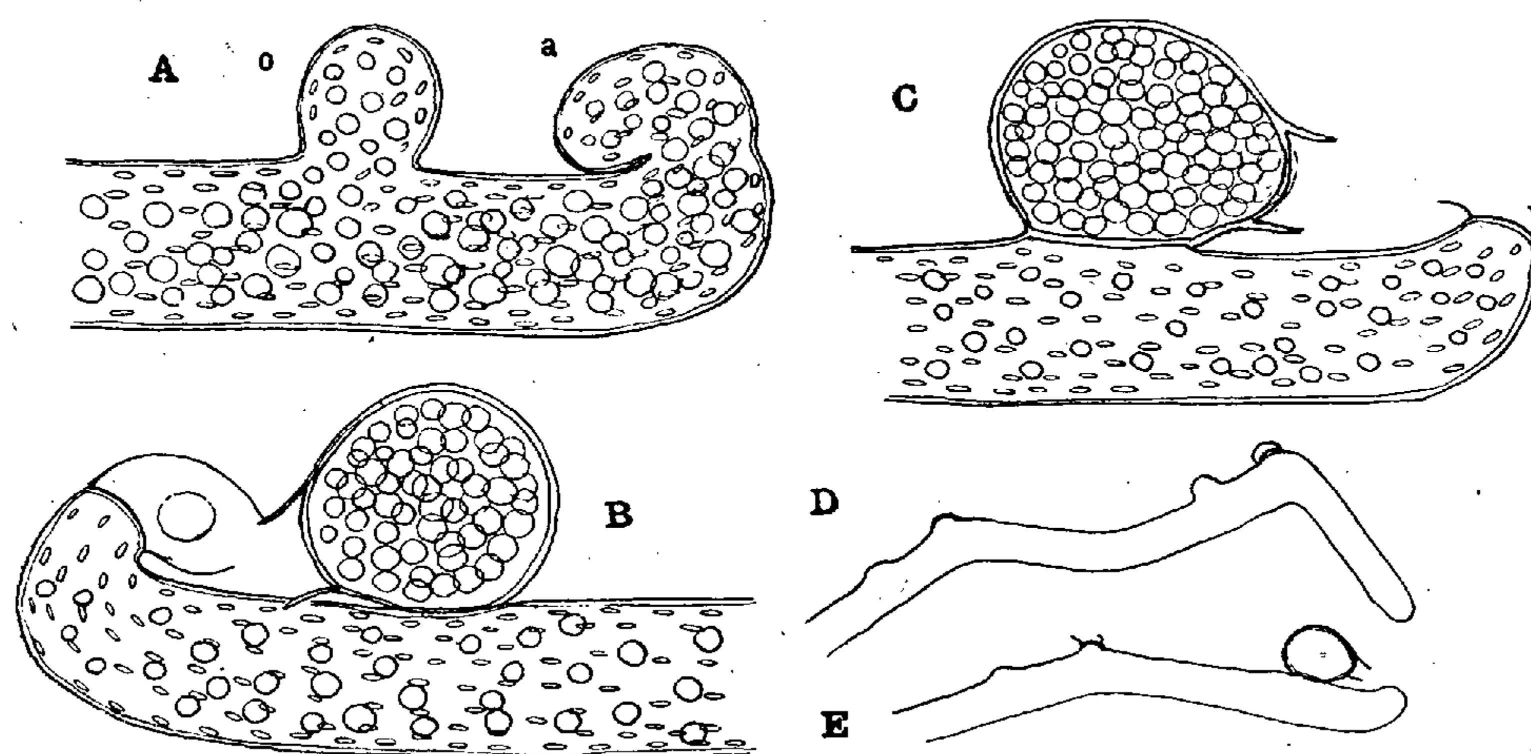
Nous avons, d'autre part, récolté dans la Gironde la plupart des espèces signalées en Europe Centrale : les plus rares semblent être *V. ornithocephala* Åg., *V. aversa* Hass., *V. De Baryana* Woron., *V. Woroniniana* Heering. Certaines d'entre elles sont purement terrestres; parmi ces dernières nous avons rencontré la forme nouvelle suivante. Cette espèce se trouvait mélangée à d'autres de même habitat comme *V. terrestris* Lyngb., *V. hamata* W., *V. pachyderma* W. Elle était fructifiée en automne. Nous la nommerons *V. prolifera* nov. sp.

Les filaments de *V. prolifera* sont étroits (diam. moy., 25$^{\mu}$); les chloro-

(¹) Séance du 16 janvier 1939.

(²) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1429.

plastes y sont en fuseaux ou ovales sans pyrénoïdes et des globules d'huile sont présents. Les organes sexués se développent uniquement à l'extrémité des branches ou ramifications du thalle d'ordre quelconque. A cet effet, l'extrême pointe d'un siphon s'infléchit à angle droit, puis, presque aussitôt, se courbe encore de 90°; par suite de ces deux courbures, il se produit une sorte de crochet très court dont le sommet se dilate légèrement et vient s'appuyer sur la face interne du siphon demeurée rectiligne (*fig.* A);



Vaucheria prolifera sp. nov. — A, extrémité d'un filament au début de la formation des organes reproducteurs; *o*, début de l'oogone; *a*, début de l'anthéridie; B, C, organes sexuels mûrs; D, E, filaments fertiles faiblement grossis, montrant l'emplacement des organes sexuels. A, B, C, × 500; D, E, × 120.

c'est là le début de l'anthéridie, très petite, constituée par le sommet dilaté du crochet qui s'isole par une cloison en verre de montre (*fig.* B). A proximité immédiate, un renflement du siphon du même côté que le crochet représente l'ébauche de l'oogone, lequel prend une forme ovoïde dont l'axe est parallèle au siphon et le petit bout dirigé vers l'anthéridie (*fig.* A, *o*). L'oogone fécondé de petite taille (45^{μ} de long sur 35^{μ} de large) est sessile et présente un bec largement ouvert du côté de l'anthéridie. Cette dernière s'ouvre par un orifice terminal ou subterminal, et la membrane du sac anthéridien se dissout d'ailleurs presque en totalité peu après la déhiscence.

Après la formation des organes sexués le filament poursuit sa course suivant sa direction primitive jusqu'à ce que, à une certaine distance, il produise de nouveau et de la même façon une anthéridie et un oogone; comme les oogones successivement produits se détachent à maturité, il est

rare de trouver deux oogones en place l'un derrière l'autre, et seules des cicatrices indiquent leur emplacement. A côté de la trace de l'oogone caduc se voit le reste de l'anthéridie qui après avoir été terminale est devenue latérale, et nous avons compté parfois trois séries de couples oogone-anthéridie sur un même filament rectiligne. Il est assez fréquent néanmoins que la direction du filament fertile, à la suite de la production des organes sexués se modifie, soit légèrement, soit plus ou moins à angle droit : dans ce dernier cas le brusque changement de direction est dû à ce que l'anthéridie s'est formée sans crochet au sommet du filament, ce qui oblige celui-ci à poursuivre sa route très obliquement ou à angle droit (*fig.* D).

Le *V. prolifera* nous paraît devoir être rangé dans la section *Globiferæ* Heidinger en raison de l'anthéridie courte et en forme de sac, et de l'oogone strictement sessile. Son mode de végétation en sympode le distingue de toutes les espèces connues de *Vaucheria*.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les variations de la pression osmotique du suc de tissus de* Fraxinus excelsior *L. et de quelques autres plantes au cours de la fanaison artificielle.* Note (¹) de M. **Gabriel Laisne**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Nous avons appliqué à l'étude de la fanaison un mode nouveau d'investigation : nous avons mesuré corrélativement, à des intervalles réguliers, la perte d'eau de rameaux coupés d'arbres et d'arbustes, ou de plantes herbacées, et la pression osmotique de leur suc de tissus. Ce suc est obtenu de la façon suivante : les organes végétaux sont enfermés dans des tubes de verre bouchés de caoutchouc, les tubes sont placés dans une boîte en aluminium, le tout est porté pendant vingt minutes à l'ébullition au bain-marie. Les organes végétaux ainsi stabilisés sont alors soumis à la presse (²). Les mesures de pression osmotique ont été faites par cryoscopie. Cette méthode (³), ou des méthodes comparables (⁴) ont été utilisées par de nombreux physiologistes, en particulier pour établir des courbes annuelles de variation de la pression osmotique des plantes.

(¹) Séance du 16 janvier 1939.

(²) H. Walter, *Die Hydratur der Pflanze und ihre physiologische Bedeutung*, Iéna, 1931.

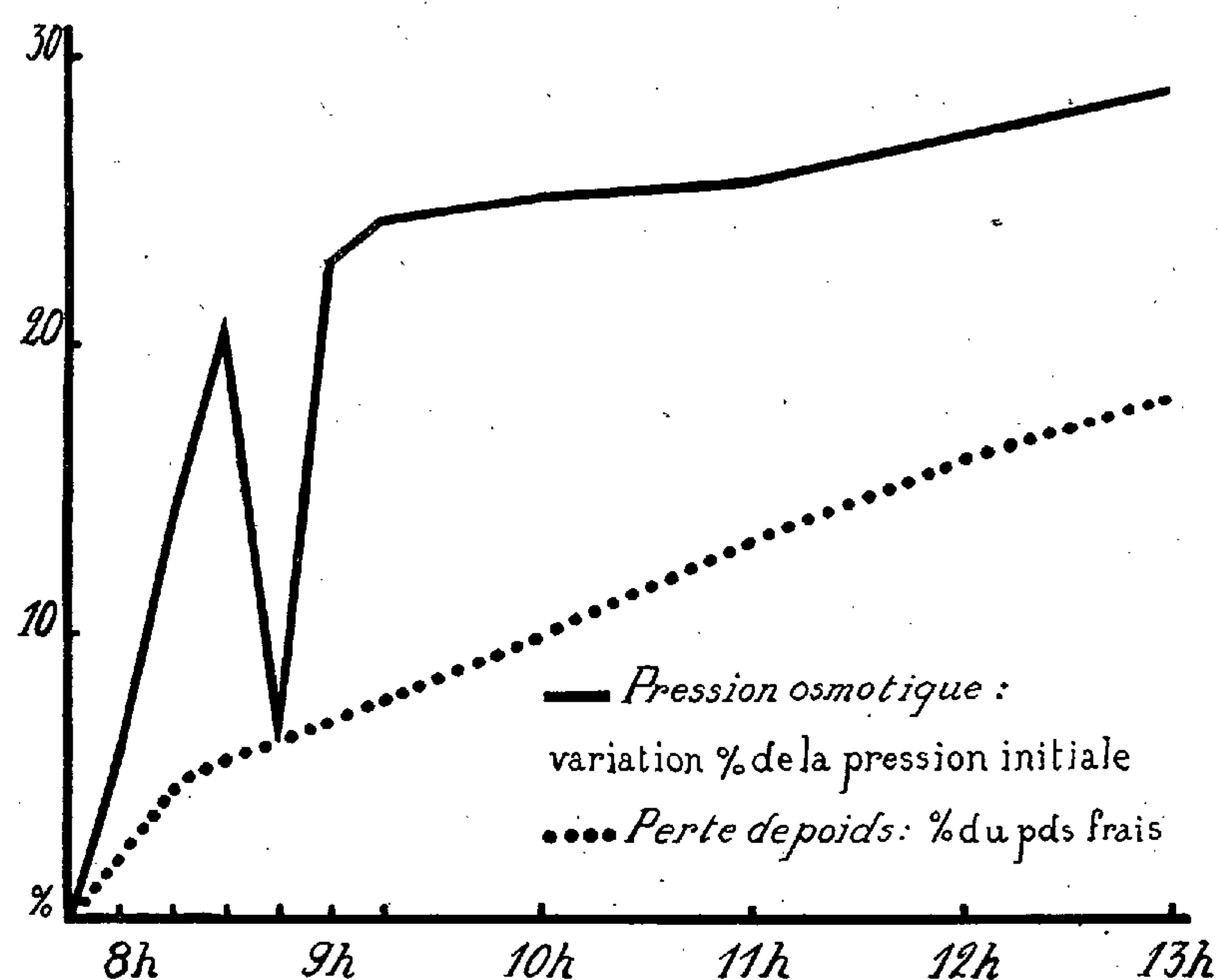
(³) J. Giroux, *Thèse Sciences*, Montpellier, 1936.

(⁴) Mme Monnier-Dumont, *Thèse Sciences*, Paris, 1932.

Nos recherches ont été faites, au cours de l'été 1938, à la Station biologique de Besse-en-Chandesse.

Nous retiendrons surtout les expériences faites avec *Fraxinus excelsior* L., qui nous paraissent être les plus probantes. En effet, nous nous sommes rapidement aperçu que des rameaux, ou des plantes entières, en apparence identiques, cueillis dans les mêmes conditions, peuvent présenter des différences souvent notables de pression osmotique. Le Frêne, grâce à ses feuilles opposées, nous a permis, pour chaque rameau étudié, de mesurer une pression osmotique initiale P_1, en prenant une feuille sur deux, puis, au bout d'un certain temps de fanaison, une pression P_2 et d'établir la variation de la pression osmotique en pourcentage de la pression initiale. Chaque série d'expériences comporte, en général, une dizaine de mesures; une fois la marche du phénomène précisée, nous avons exploré la courbe par sections en rapprochant les mesures.

Le graphique suivant, qui donne la courbe synthétique des résultats obtenus au cours de deux expériences faites les 19 et 22 août avec le Frêne, résume nos observations (feuilles attenantes aux rameaux).



Contrairement à ce qu'on pourrait supposer, la plante soumise à la fanaison expérimentale ne voit pas sa pression osmotique croître réguliè-

rement en fonction de la déshydratation ; on peut distinguer trois phases :

Première phase. — Le phénomène débute par un accroissement rapide de la pression osmotique, celle-ci pouvant passer, par exemple, en l'espace de 30 à 45 minutes, de $16^{atm},81$ à $20^{atm},57$, soit une augmentation de $3^{atm},76$. La perte d'eau seule semble insuffisante pour expliquer une telle variation puisque, pendant le même temps, des feuilles témoin n'ont perdu que 4,7 pour 100 de leur poids frais, soit environ 7,5 pour 100 de leur contenu en eau.

Deuxième phase. — Il se produit ensuite une diminution rapide (15 à 30 min.), la pression osmotique pouvant reprendre sa valeur initiale, ou même descendre au-dessous de cette valeur (perte d'eau entre le maximum et le minimum, 2,5 pour 100 du poids frais).

Troisième phase. — Enfin, la pression osmotique s'accroît de nouveau, d'abord rapidement, puis de plus en plus lentement, ce dernier accroissement pouvant présenter, semble-t-il, des fluctuations de détail.

Les autres plantes étudiées nous ont donné des courbes comparables dans leurs caractères essentiels, en particulier *Sambucus nigra* L. et *Rosa sp.* dont l'étude a été faite de la même façon que pour le Frêne.

Nos expériences nous permettent de penser que cette variation de pression osmotique est bien subordonnée à la vitesse de perte d'eau. Les résultats sont, en effet, différents en opérant par temps sec ou par temps humide; dans ce dernier cas, le phénomène est retardé. Il est accéléré, au contraire, lorsqu'on sépare, dès le début de l'expérience, les feuilles du rameau (expériences faites avec *Fraxinus*), le maximum peut alors se produire en moins de 15 minutes. Mais, dans tous les cas, persiste ce fait que nous pensons n'avoir jamais été observé : *la pression osmotique, au cours de la fanaison expérimentale, ne croît pas régulièrement, mais, après un accroissement rapide, présente une décroissance prononcée, suivie d'un nouvel accroissement.*

Ces résultats nous engagent à poursuivre cette étude en faisant varier les conditions d'expérience, à rechercher les causes de ces variations de pression osmotique et à étudier l'aspect écologique de la question.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Similitude des actions cytologiques exercées par le phényluréthane et la colchicine sur des plantules végétales.* Note de M. **Joseph Lefèvre**, présentée par M. Émile Schribaux.

La remarquable action cytotoxicologique de la colchicine, d'abord signalée par Dustin, étudiée par lui-même et son école sur l'organisme

animal, a été ensuite observée sur les plantes, notamment par L. Havas, P. et N. Gavaudan ([1]).

Son utilisation a été tentée par Dustin ([2]) et divers auteurs dans le traitement du cancer animal, par Havas ([3]) pour le traitement des phytocarcinomes.

En raison des constitutions polyploïdes qu'elle peut permettre de réaliser chez les végétaux, elle a été recherchée dans de larges essais par A. F. Blakeslee ([4]) et d'assez nombreux expérimentateurs.

D'après les résultats répétés de nos propres essais, poursuivis sur des espèces variées, appartenant à plus d'une vingtaine de genres ([5]), nous restons persuadé que l'obtention d'une autopolyploïdie *stabilisée* (et surtout suivant un coefficient de multiplication donné, *tétra*-ploïdie par exemple) est très loin de se présenter avec les conditions de facilité et de régularité qu'une vulgarisation un peu rapide a parfois affirmées.

D'une manière très générale, les plantes qui survivent, en nombre restreint après le traitement brutal nécessaire, présentent des constitutions nucléaires assez incomplètement stabilisées et surtout fort hétérogènes : elles constituent des mixo-chimères, souvent bien complexes.

Les gamètes ont aussi des garnitures chromosomiques très variées, souvent incomplètes et déséquilibrées. Directe ou indirecte, la stérilité apparaît fréquente. Ces observations concordent d'ailleurs avec les résultats de l'examen cytologique ([6]).

Il était intéressant, autant pour accéder à la connaissance des processus biologiques en cause, que pour la conduite d'applications plus étendues et mieux dirigées, de rechercher si d'autres substances ne possédaient pas le même pouvoir que la colchicine.

L'hydrate de chloral avait donné quelques résultats incomplets à Nemec,

---

([1]) A. P. Dustin, *Bull. Ac. Roy. Belg.*, **14**, 1934, p. 487; F. J. Lits, *C. R. Soc. belge de Biol.*, **115**, 1934, p. 1421; L. Havas, *Nature*, **139**, 1937, p. 371; P. et N. Gavaudan, *C. R. Soc. Biol.*, **125**, 1937, p. 705.

([2]) *Bull. Ac. Roy. Médec. Belg.*, **24**, 1934, p. 11; *Leeuwenhoek Ver.*, IVe Conf., 1935, p. 7.

([3]) *Bull. Ass. fr. pour l'étude du Cancer*, **26**, 1937, p. 635.

([4]) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 476.

([5]) J. Lefèvre, *C. R. de l'Acad. d'Agric.*, **24**, 1938, p. 944.

([6]) R. J. Ludford, *Arch. Experim. Zellf.*, **18**, 1936, p. 411; P. et N. Gavaudan, *C. R. Soc. Biol.*, **126**, 1937, p. 985; **128**, 1938, p. 714; G. Mangenot, *C. R. Soc. Biol.*, **128**, 1938, p. 501; A. Levan, *Hereditas*, **24**, 1938, p. 471.

puis de meilleurs à G. Bornas et à nous-même, mais il semble posséder des seuils d'action et de toxicité beaucoup trop voisins, comme d'ailleurs certains carbures dont il est pourtant intéressant de retenir l'ébauche d'activité. L'acénaphtène, indiqué par Kostoff ([7]), agit et même à l'état de vapeur.

Nous avons été conduit à essayer, entre autres substances, le phényluréthane, notamment sur des grains de blé, traités dès avant ou dès le début de leur germination.

En solution *très étendue* (malgré le peu de solubilité, la solution saturée est surtout toxique, nous avons été amené à la diluer de 15 à 20 fois) ou à l'état de *vapeur*, après 48 heures environ de traitement à la température du laboratoire; le phényluréthane produit des actions exactement semblables à celles observées et décrites pour la colchicine : *a*. au point de vue *morphologique;* hypertrophies bulbeuses du coléoptile, du mésocotyle et de la pointe des racines (*fig.* 1), avec ralentissement progressif, ou même

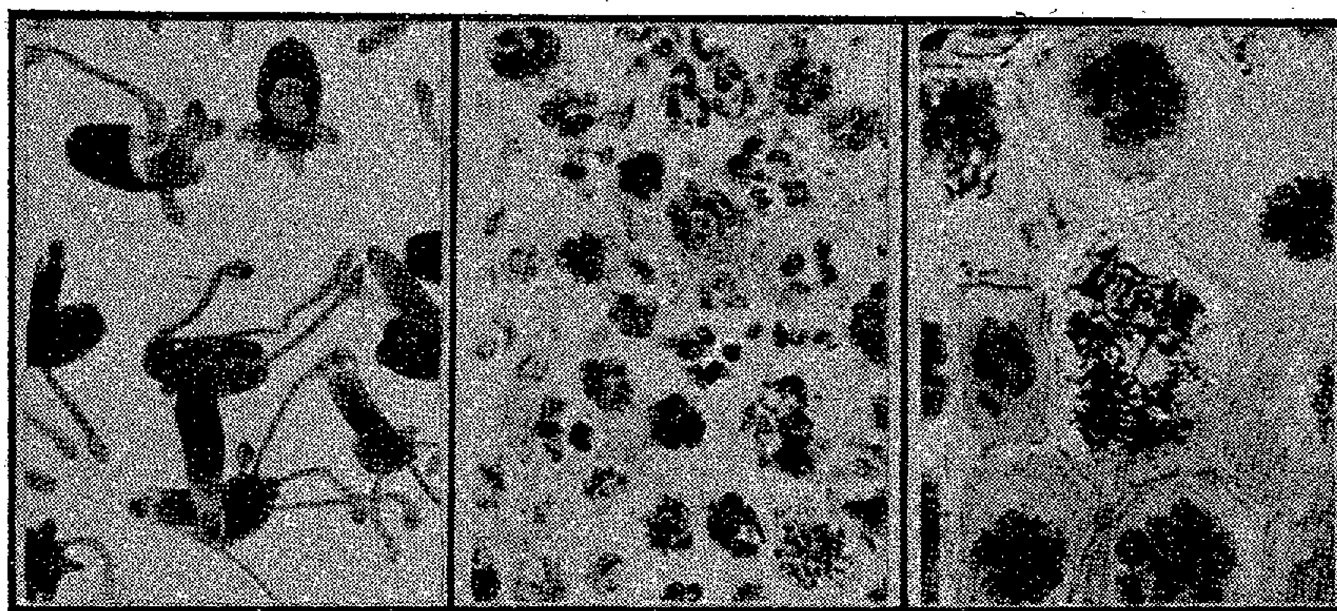


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

finalement arrêt, de croissance (manifestations accentuées à l'extrême sur les plantules traitées dès avant germination); *b*. au point de vue *cytologique :* blocage des mitoses en pseudo-métaphases (*fig.* 3), apparaissant en champs déjà très nombreux dès le deuxième jour, pour aboutir plus ou moins lentement à une formation irrégulière de noyaux de restitution monstrueux, déformés, plurilobés ou multiples (*fig.* 2, coupe dans un bourgeon terminal).

Le pouvoir cytotoxicologique de la colchicine ne peut plus être considéré comme spécifique.

([7]) *Nature*, **141**, 1938, p. 1144; **142**, 1938, p. 753.

D'autre part l'inhibition déjà signalée, exercée par le phényluréthane sur le processus respiratoire (notamment au cours de la croissance et en antagonisme avec l'action des auxines) (8); les inhibitions connues produites sur certaines déshydrogénases par l'hydrate de chloral (9) (11), la colchicine (10), le phényluréthane (11) suggèrent l'hypothèse que, directement ou indirectement, un mécanisme de cet ordre peut être en cause dans l'exercice du pouvoir cytologique commun de ces substances.

Nos essais actuels sont étendus à ce nouveau cadre de recherches.

MYCOLOGIE. — *De la formation et du fonctionnement des pièges de Champignons prédateurs de Nématodes. Recherches effectuées à l'aide de la Micromanipulation et de la Cinématographie.* Note de MM. **Jean Comandon** et **Pierre de Fonbrune**, présentée par M. Émile Roubaud.

Ces Champignons ont été isolés de la terre du jardin de l'Institut Pasteur de Garches. Nous les cultivons dans un milieu gélosé additionné d'aliment d'avoine (*Quaker oats*) et d'extrait de malt (1).

Les pièges ne se forment en abondance que si la culture contient certains Nématodes ou une substance extraite d'un milieu où vivent ces Vers, même si ce milieu est privé de tout autre organisme, comme nous l'avons montré en élevant des Nématodes aseptiquement. Certaines bactéries ont en effet la propriété de provoquer la formation de quelques pièges; par contre plusieurs espèces de Nématodes n'émettent pas cette substance inductrice, par exemple *Ascaris megalocephala*, que nous avons expérimentée.

D'après les travaux de C. Drechsler (2) en particulier, nous avons déterminé cinq des espèces que nous avions isolées.

Parmi celles-ci deux forment des pièges garrotteurs; ce sont *Dactylaria brochopaga* et *Dactylella bembicodes;* les autres espèces forment des gluaux

(8) J. Bonner, *Proceed. Nat. Acad. Sc.*, 19, 1933, p. 717; *J. Géner. Physiol.*, 20, 1936, p. 1.

(9) T. Thünberg, *Skand. Arch. Physiol.*, 75, 1936, p. 49.

(10) Boyland, *Biochem. Journ.*, 31, 1937, p. 454; E. Gal, *Bull. Soc. Ch. biol.*, 20, 1938, p. 1188.

(11) K. C. Sen, *Biochem. Journ.*, 25, 1931, p. 849; D. Bach et J. Lambert, *Bull. Soc. Ch. biol.*, 20, 1938, p. 818.

(1) *C. R. Soc. Biolog.*, 129, 1938, p. 619, 620, 623.

(2) *Mycologia*, 29, 1937, p. 447.

ou pièges collants. Les pièges *d'Arthrobotrys oligospora* sont constitués par des arceaux collants, anastomosés en réseaux dans lesquelles le Ver s'englue. *Dactylella ellipsospora* émet des petits boutons collants. *Stylopaga hadra* est le seul que nous n'ayons pu obtenir, jusqu'à présent, en culture pure; son mycélium est non cloisonné et l'adhérence des Vers peut se produire sur toute la surface des filaments.

Les techniques que nous employons (³) permettent de mettre en évidence les mécanismes de chacun de ces pièges.

Les Vers capturés sont tués, puis complètement envahis par le mycélium, qui se nourrit de leur substance. L'accéléré cinématographique reproduit bien les phases de cette digestion qui, en réalité, s'achève en 48 heures environ.

Par la manipulation, à l'aide d'une micro-aiguille mousse, nous avons pu mettre en évidence une réponse cinétique du protoplasme des cellules des pièges à l'irritation locale de leur surface. Les cellules des garrots, irritées sur la face qui regarde le centre de l'anneau, se gonflent brusquement et l'on suit l'augmentation de volume des vacuoles traduisant une modification subite de la pression osmotique de leur contenu ou de la perméabilité de la membrane.

Une réaction se traduisant d'une façon bien différente est produite par un léger contact de la surface des cellules des pièges en arceaux *d'A. oligospora*. Immédiatement après l'irritation, le mouvement des particules protoplasmiques est beaucoup plus vif, puis le protoplasme granuleux, refoulant les vacuoles centrales, s'amasse rapidement vers le point irrité d'où une substance visqueuse est bientôt excrétée. Ce phénomène est encore plus nettement observé sur les filaments du Stylopage. Par suite de l'absence de cloisonnement de ce Champignon, l'excitation se propage à grande distance et à une vitesse qui peut être mesurée.

La micromanipulation est seule capable de provoquer, à volonté, ces phénomènes cytologiques et le cinématographe de les enregistrer. Enfin la projection les reproduit fidèlement à la grandeur et à la vitesse les plus favorables pour leur observation.

(³) DE FONBRUNE, *Micromanipulateur pneumatique et Microforge* (*Recherches et Inventions*, n° 274, 1938, p. 33); COMANDON et DE FONBRUNE, *Ann. Inst. Pasteur*, 60, 1938, p. 113.

PARASITOLOGIE. — *Un cas d'évolution d'*Hypoderma bovis *De Geer sur le Cheval.* Note (1) de M. **René Girard**, présentée par M. Émile Roubaud.

On admet que, dans nos régions, *Hypoderma bovis* De Geer se trouve exceptionnellement sur le Cheval et que son développement ne peut se poursuivre chez cet hôte occasionnel (Vaney). Pour Railliet la larve s'arrête au deuxième stade de son développement et Mégnin considère que sur le Cheval les larves d'*Hypoderma bovis* se sont égarées dans un milieu non favorable à leur évolution.

Cependant Tarlier (2) cite dans sa thèse deux vétérinaires militaires, Monod et A. Darrou, qui ont observé en Afrique du Nord des larves ayant



Larve d'*Hypoderma bovis* au 3e stade, développée chez le Cheval; × 3 environ.

atteint leur maturité complète sur les chevaux, et prétendent que la présence d'*Hypoderma bovis* sur les équidés est fréquente dans ce pays.

J'apporte ici une observation d'une larve d'*Hypoderma bovis* ayant terminé son TROISIÈME STADE d'évolution sur un cheval, dans notre région, en Gironde.

Il s'agit d'une jument percheronne, propre au gros trait, sous poil gris pommelé, de la taille de $1^m,60$ et âgée de 6 ans. Le propriétaire s'étant aperçu que l'animal portait sur la partie supérieure du corps plusieurs petits nodules, fit appeler le vétérinaire.

L'animal était en parfait état d'entretien et présentait tous les signes de la santé. A moitié hauteur du garrot, et à droite, existait un petit nodule : deux autres semblables se montraient à la partie moyenne de l'encolure, au tiers de sa hauteur; enfin, un quatrième, moins accusé, existait encore à droite sur le dos.

---

(1) Séance du 16 janvier 1939.

(2) L'hypoderma bovis *chez le cheval* (*Thèse de doctorat vétérinaire,* Paris, 1930).

Ces nodules, du volume d'une noisette, légèrement aplatis dans le sens de l'épaisseur, étaient recouverts de poils normaux couchés, non hérissés, non cassants. La peau était normale, sans irritation ni squames, faiblement œdématiée au sommet de deux des nodules (garrot et encolure) qui présentaient leurs sommets très légèrement ombiliqués : enfin, on percevait une très légère fausse fluctuation, on ne notait aucune traînée lymphatique, la peau n'adhérait nullement aux tissus sous-cutanés et, au garrot, le conjonctif était, cependant, très peu abondant.

Ayant incisé un nodule au sommet, on fit sortir une larve bien développée, et l'on pensa aussitôt à un hypoderme.

L'étude de cette larve nous a permis de l'identifier à *Hypoderma bovis* De Geer.

Il semble bien que le travail de sortie de la larve de sa cavité était déjà commencé, car la cuticule qui la séparait de l'extérieur était extrêmement mince et tendue ; nul doute que, quelques heures plus tard, la larve se fût libérée toute seule. D'ailleurs, la jument fut revue huit jours après, et, à ce moment, tous les autres nodules avaient été évacués spontanément par leurs larves.

Nous pouvons donc affirmer que ces larves d'*Hypoderma bovis* avaient effectué leur développement sur le cheval et que l'exemplaire que nous avions prélevé sur l'animal, pour l'étudier au Laboratoire, avait atteint son troisième stade complet de développement sur cet hôte.

Si le cas n'est pas unique, du moins apparaît-il très rare dans nos régions.

BIOCHIMIE. — *Conditions de préparation, aux basses températures, de l'oxyhémoglobine cristallisée.* Note de M. **Maurice Piettre**, présentée par M. Charles Achard.

Une condition non moins importante que le froid, dans la préparation des protéides de plus en plus pures, se réfère à la nécessité d'éliminer progressivement les sources d'impuretés. Dans la préparation de l'oxyhémoglobine il y a donc lieu d'écarter les *impuretés* provenant d'abord du *sérum ou du plasma*, puis des *stromas globulaires et des leucocytes*.

I. On sait que le premier problème a été résolu en prenant pour base la centrifugation du sang défibriné ou du plasma permettant de séparer la *phase liquide* des divers éléments cellulaires constituant la phase solide sanguine. Dès 1905 nous avons montré la grande supériorité de la centri-

fugation à l'aide d'appareils à marche continue et tout récemment (¹) du type Sharples avec alimentation tangentielle.

Les lavages des hématies en milieu chloruré sodique à 8,5 pour 1000 (2^{vol},5), se font à une vitesse uniforme assez réduite (8000 tours : minute), avec un débit horaire de 6 litres. On évite ainsi l'éclatement des hématies devenues plus fragiles en liqueur isotonique aqueuse. On obtient un liquide épais, sirupeux, d'un beau rouge foncé de densité approchée 1,100. Sa teneur en chlorures, exprimée en NaCl, est en moyenne de 0^g,33 pour 100 en volume (0^g,26 dans les globules simplement décantés).

L'emploi de la supercentrifuge permet d'éliminer une partie des leucocytes qui dans leur rotor en mouvement se rapprochent de la veine liquide centrale.

II. Pour réduire au minimum les substances étrangères (protéides, nucléoprotéides, lipides etc.) apportées par les hématies et les leucocytes restants, nous avons proposé antérieurement d'effectuer le laquage non pas dans l'eau pure suivant la technique classique, mais en liqueur isotonique.

La purée globulaire mise en suspension dans son volume d'eau physiologique est versée dans une boule à décantation, puis additionnée de 20 pour 100 d'éther. On agite d'abord vivement pour saturer d'éther, puis doucement jusqu'à ce que le mélange vire du rouge clair au rouge foncé. Les stromas devenus libres s'agglutinent en petits amas rose clair, qui sont entraînés avec les leucocytes dans l'éther en excès et ainsi définitivement soustraits à l'action de la liqueur aqueuse.

Après quelques heures de repos au froid, la solution du pigment est décantée, filtrée sur papier Chardin et épuisée à trois reprises par de l'éther pour enlever les lipides dont la teneur s'abaisse de 0^g,98 à 0^g,07 pour 100 de sec.

Les stromas sont lavés dans l'eau physiologique en présence d'éther, séchés sur vide sulfurique, broyés finement et épuisés au Soxhlet par les solvants organiques. On constate une notable différence entre les lipides provenant du laquage et des lavages des stromas humides, des lipides extraits des stromas secs. Les premiers, blancs, sont riches en cholestérine cristallisable; les seconds, de teinte jaunâtre, restent amorphes. Il y aurait donc dans les stromas une répartition assez spéciale : lipides de *surface*, ou de *liaison*, libérés pendant le laquage, de teneur pour 100 en P, 0^g,85

(¹) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1047; 207, 1908, p. 99.

(cheval), $0^g,7$ (mouton), $1^g,03$ (porc), et lipides *protoplasmiques* respectivement $1^g,57$, $1^g,66$, $1^g,97$.

III. Après cette série de purifications, la solution d'oxyhémoglobine (cheval), contenant en moyenne 18 pour 100 de sec, *cristallise avec une très grande facilité.*

En présence d'alcool à 90°, aux basses températures, la cristallisation débute dès 7 pour 100 de ce solvant pour devenir parfois presque totale avec 16 pour 100.

En l'absence même d'alcool, et vers +1°C. la cristallisation d'ailleurs partielle a lieu après simple élimination de NaCl par dialyse contre eau et mieux contre glycérine.

Après essorage à +1°C., sur Büchner recouvert d'un filtre double, les cristaux sont aisément détachés et peuvent être conservés des semaines vers — 5°C. si l'on évite toute *dessiccation.*

De tels cristaux ne contiennent pratiquement plus de lipides.

Nous avons continué l'étude de deux phénomènes déjà signalés dans les essais antérieurs.

Le premier se réfère à la *floculation* spontanée des hématies dans le sang défibriné ou le plasma de cheval. Ce phénomène ne semble pas dû à l'augmentation de la tension interfaciale, car l'addition de substances tensio-actives négatives (alcool, thymol, camphre etc.) ne paraît pas avoir d'action bien nette, tandis que les sels neutres alcalins (notamment NaCl à partir de 1 pour 100) qui accroissent la tension superficielle rompent immédiatement la floculation, libèrent les hématies qui se remettent en suspension stable et reprennent leur belle coloration rouge clair caractéristique du sang artériel. Ces constatations ont été étendues, *in vitro*, au sang charbonneux dans lequel les hématies sont gonflées, déformées et agglutinées. Il a même été possible, *in vivo,* avec la collaboration de M. A. Névot, de prolonger de 24, 36 et même 48 heures des cobayes infectés de charbon, et en période préagonique, en prélevant par ponction cardiaque des volumes importants de sang et en les remplaçant par de l'eau à 1 pour 100 de NaCl contenant $0^g,9$ pour 100 de quinosol. Le sel libère les hématies qui reprennent leur forme et leur rôle dans l'hématose, l'antiseptique agit sur les bactéridies; indications sans doute intéressantes pour la thérapeutique du charbon.

Le second concerne la *cristallisation massive* de l'oxyhémoglobine pendant la supercentrifugation à trop grande vitesse des globules rouges.

Une fois amorcé, le phénomène se propage à l'ensemble des hématies qui forment bientôt un feutrage cristallin solide finissant par obstruer la gouttière d'évacuation de l'appareil. Dans ces conditions toutes les hémoglobines (cheval, bœuf, mouton, porc) cristallisent en longs prismes, très minces, à peine colorés.

Cette *cristallisation par choc*, *sur paroi froide*, démontre que, dans le globule sanguin, l'oxyhémoglobine existe bien à l'état de sursaturation, mais reste maintenue sous forme de gel par des influences physiques et chimiques et sans doute plus spécialement par *interposition particulaire* des colloïdes constituant le protoplasma cellulaire.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'avitamino-résistance.* Note (1) de M. **Georges Mouriquand**, présentée par M. Charles Achard.

Poursuivant depuis plus de vingt ans des recherches expérimentales sur le scorbut et l'avitaminose C, ayant porté sur des milliers de sujets, nous avons eu à différentes reprises l'occasion de rencontrer chez certains animaux (cobayes) une véritable résistance à la carence en vitamine C.

Il ne faut d'ailleurs pas confondre cette avitamino-résistance vraie, semblant liée à la nutrition particulière de tel ou tel animal, avec les carences asymptomatiques liées à des facteurs d'inapparence sur lesquels nous avons récemment appelé l'attention (2).

Ces facteurs d'inapparence relèvent de l'état de gestation, de l'âge avancé (un cobaye jeune, 200^g, fait un scorbut précoce, un vieux cobaye fait un scorbut tardif ou une cachexie asymptomatique). L'amaigrissement préalable des animaux peut également rendre leur carence asymptomatique sans empêcher l'évolution générale de la dystrophie vers la cachexie et la mort dans un temps *classique*.

Nous considérons qu'il y a avitamino-résistance vraie dans les cas très précis, où l'animal résiste à la carence pendant un temps qui dépasse notablement le temps habituel, soit que ses symptômes apparaissent tardivement, soit, mieux encore, que son eutrophie, au moins relative, soit prolongée, sa cachexie et sa mort retardées (les facteurs d'inapparence rappelés ci-dessus étant éliminés).

---

(1) Séance du 16 janvier 1939.

(2) G. Mouriquand, *Presse Médicale*, 46, n° 94, 1938, p. 1729.

Les faits d'avitamino-résistance paraissent assez rares dans l'avitaminose C aiguë du cobaye. On peut dire à ce point de vue que cet animal est follement carençable (dans le sens qu'on a dit qu'il est follement tuberculisable). Cette sensibilité aiguë à la carence en vitamine C lui permet rarement de marquer une avitamino-résistance caractérisée. Pourtant, de temps à autre, au milieu d'animaux de même âge, de même origine, de même régime, dans la même cage, on voit l'un d'eux, après avoir fait des manifestations typiques (ou après les avoir retardées), atténuer ses lésions (sans amaigrissement), reprendre un certain poids, puis réactiver ou non ses lésions et retarder en tout cas l'apparition des signes de cachexie de façon notable. Certains peuvent atteindre ainsi le 35e et le 40e jour et au delà (les témoins étant morts entre le 25e et le 30e jour).

Mais encore une fois il s'agit de faits exceptionnels, observés par nous environ trois ou quatre fois par an sur plusieurs centaines d'animaux.

Cette avitamino-résistance est plus souvent rencontrée dans l'avitaminose C partielle, déterminant un scorbut chronique qui permet une longue survie (150-200 jours et au delà), et pour ainsi dire la mise en relief de la « personnalité trophique de l'animal ».

Les animaux [mis au régime scorbutigène $+ 1^{mg}$ ou $0^{mg},5$ d'acide ascorbique pur ou emprunté (à même dose) au jus de citron] présentent le plus souvent des manifestations de scorbut chronique [avec ostéose et périostéose et syndrome rhumatisme ankylosant précédemment décrit par nous-même ([3])].

Ces lésions apparaissent chez des cobayes de même âge, de même poids, de même origine, à la même alimentation, vers le 80e jour; mais chez certains d'entre eux, ces lésions apparaissent beaucoup plus tardivement vers le 120e, le 150e jour, parfois jamais.

Dans ces cas, on peut parler d'avitamino-résistance vraie. Puisqu'elle ne relève ni de l'alimentation, ni du poids, ni de l'âge, on doit, semble-t-il, l'expliquer par une *particularité*, un équilibre nutritif propre à ces animaux (difficilement explicable).

Pour l'instant ni le dosage de l'acide ascorbique (dans les surrénales), ni la recherche du métabolisme basal ne nous ont paru expliquer cette avitaminose-résistance.

En tout cas le fait de l'avitamino-résistance C de certains cobayes doit être retenu.

([3]) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 921; **205**, 1937, p. 822.

L'avitamino-résistance semble bien exister en pathologie humaine. Mais sa preuve *expérimentale* est difficile en raison de la complexité des faits cliniques. Elle doit, en tout cas, être recherchée.

A 16^h30^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 12 décembre 1938.)

Note de M. *Marcel Brelot*, Sur un balayage d'ensembles fermés :

Page 1158, ligne 7, *au lieu de* qui conserve le potentiel hors F et à peu près..., *lire* qui, dans l'espace, conserve le potentiel à peu près....



Librairie-Imprimerie GAUTHIER-VILLARS

Tél. : DANTON 05-11 et 05-12 55, Quai des Grands-Augustins, PARIS (6e)

Collection des Publications du Ministère de l'Air

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES DU MINISTÈRE DE L'AIR

Fascicules In-8 (27×18,5) se vendant séparément :

1. **ROY (Maurice). — Recherches théoriques sur le rendement et les conditions de réalisation des systèmes motopropulseurs à réaction.** Préface de M. JOUGUET. In-8 de 214 p., avec 53 fig.; 1930. **30 fr.**

2. **GAY (A.). — Recherches sur l'hydrodynamique des liquides visqueux.** Préface de M. Henri VILLAT. In-8 de VI-126 pages; 1931 .... **25 fr.**

3. **ALAYRAC. — Étude des écoulements irrotationnels dans l'espace.** In-8 de IV-47 p., avec fig.; 1931. **20 fr.**

4. **GIRAULT (Maurice). — Méthode géométrique de tracés de profils d'ailes et de corps fuselés. — Essai sur la viscosité en Mécanique des fluides.** In-8 de 34 pages, avec figures et 7 planches; 1931.... **25 fr.**

5. **REBUFFET. — Soufflerie aérodynamique à dynamomètres électrométriques du Service des recherches de l'Aéronautique.** Avec préface de A. ALAYRAC. In-8 de 126 p., avec 82 fig. et planches; 1932. **30 fr.**

6. **FROMY. — Déviations radiogoniométriques à bord d'avion.** In-8 de 46 pages, avec 12 figures; 1932. **20 fr.**

7. **GODCHOT et CAUQUIL. — Contribution à l'étude physico-chimique des carbures cyclamiques**, 42 p.

   CARRIÈRE et LAUTIÉ. — Recherches des constituants des essences d'aviation par mesure de densités ou d'indices de réfraction ou de viscosités, 22 pages.

   SCHMITT. — Étude comparative des colonnes à distiller en vue de la séparation des carbures d'hydrogène, 14 pages.

   Les trois Mémoires ensemble, formant un in-8 de 78 pages; 1932 .... **25 fr.**

8. **CARAFOLI (Élie). — Recherches expérimentales sur les ailes monoplanes, exécutées à l'Institut aérotechnique de Saint-Cyr.** Préface de M. TOUSSAINT. In-8 de 108 pages, avec 1 planche et 38 figures; 1932 .... **25 fr.**

9. **MAGNAN (A.) et SAINTE-LAGÜE (A.). — Études des trajectoires et des qualités aérodynamiques d'un avion par l'emploi d'un appareil cinématique de bord.** In-8 de 104 pages, avec 72 figures et planches; 1932 .... **25 fr.**

10. **TREMBLOT. — Applications des méthodes interférentielles à l'étude de l'écoulement des gaz aux grandes vitesses.** In-8 de 78 pages, avec 30 figures et 3 planches .... **20 fr.**

11. **DUCHÈNE (R.). — Étude de la combustion des mélanges gazeux.** In-8 de 70 pages, 31 figures et 8 planches .... **20 fr.**

12. **MAGNAN (A.) et SAINTE-LAGÜE (A.). — Sur la distribution des vitesses aérodynamiques autour d'un avion en vol.** In-8 de 62 pages, avec 51 figures. **20 fr.**

13. **ALAYRAC (A.). — Étude des écoulements irrotationnels dans l'espace à trois dimensions** (suite de la publication n° 3). In-8 de 92 pages, avec 16 figures. **25 fr.**

14. **DAMIAN (J.). — Méthode d'appréciation des lubrifiants.** In-8 de 28 pages, avec 5 figures et 1 planche. **9 fr.**

15. **LEDOUX (Cdt Ch.). — Étude de la déformation des hélices.** In-8 de 128 pages, avec 54 figures; 1932. **30 fr.**

16. **PONCIN (H.). — Recherches sur le mouvement d'un fluide pesant dans un plan vertical.** In-8 de 108 pages, avec 16 figures; 1932 .... **25 fr.**

17. **CHAMPSAUR (N.). — Étude sur la transmission de la chaleur à l'eau de refroidissement dans un moteur d'aviation. Application à la comparaison des carburants. Mesures de la détonation.** In-8 de 108 pages avec figures et graphiques; 1932... **30 fr.**

18. **PONCIN (H.). — Sur les cavitations de forme permanente.** Préface de M. Henri VILLAT. In-8 de 126 pages, avec 15 figures; 1932 .... **25 fr.**

19. **HERZOG. — Sur l'oxydation électrochimique de la protection du fer et des duralumins dans les solutions salines aérées.** Préface de M. Georges CHAUDRON. In-8 de 88 pages, avec 18 figures et 6 planches; 1933 .... **25 fr.**

20. **BASTIEN. — Études des alliages magnésium-aluminium-cuivre riches en magnésium.** Préface de M. Léon GUILLET. — **Contribution à l'étude des propriétés de fonderie des métaux et alliages.** Préface de M. Albert PORTEVIN. In-8 de 144 pages, avec 170 figures dont un diagramme; 1933..... **30 fr.**

21. **ANDANT (A.). — Application de l'effet Raman et de l'absorption ultraviolette à l'identification des carbures d'hydrogène.** Préface de M. A. COTTON. In-8 de X-76 pages, avec 71 figures; 1933..... **25 fr.**

22. **SADRON. — État actuel des recherches expérimentales sur les anneaux de tourbillons dans les gaz. Contribution à l'étude expérimentale des phénomènes aérodynamiques aux faibles vitesses.** In-8 de 52 pages, avec 19 figures; 1933 .... **20 fr.**

23. **AUBERT (Jean). — Contribution à l'étude de la corrosion du fer. Potentiels du fer et des constituants de l'acier dans les divers milieux : passivité, activité.** Préface de M. A. TRAVERS. In-8 de 68 pages, avec 11 figures; 1933 .... **20 fr.**

24. **LAFAY (A.). — Prévision de l'action du vent dont la direction varie rapidement. Applications à l'effet Katzmayr et à l'autorotation. Obtention des aérogrammes par réfringence. Modification du sillage des corps, première Partie.** In-8 de 50 pages, avec 9 figures; 1933 .... **20 fr.**

25. **NOGUES (P.). — Recherches expérimentales de Marey sur le mouvement dans l'air et dans l'eau.** In-8 de 120 pages, avec 14 figures; 1933........ **30 fr.**

26. **BOUASSE.** — **Tourbillons donnés par les jets de très petites vitesses (Currentilignes).** In-8 de 102 p., avec 45 figures; 1933. 25 fr.

27. **BOURDIOL.** — **Contribution à l'étude de la viscosité et de la congélation des huiles.** Préface de M. AUBERT. In-8 de 128 pages, avec 33 figures; 1933. 25 fr.

28. **HARDOUIN (Maurice).** — **Étude des flux d'épuration et de protection du magnésium et de ses alliages pendant leur fusion dans les creusets et leur coulée dans les moules.** Préface de M. R. DE FLEURY. In-8 de 56 pages, avec 18 figures, 14 planches et 6 tableaux; 1933. 20 fr.

29. **VASILESCO (Florin).** — **Sur le calcul du potentiel des vitesses en hydrodynamique.** In-8 de 36 pages; 1933. 15 fr.

30. **ROUSSILHE (H.).** — **Annales de la photographie aérienne (1931-1932).** Tome I. In-8 de 134 pages, avec 3 planches; 1933. 25 fr.

31. **CHAMPSAUR (N.).** — **Mesure de l'étanchéité intérieure des moteurs à explosion. Étude du gommage.** Préface de M. MARTINOT-LAGARDE. In-8 de 70 pages, avec 12 figures et 1 planche; 1933. 25 fr.

32. **CAILLON (André).** — **La fonderie du magnésium.** Préface de M. R. DE FLEURY. In-8 de 150 pages, avec 70 figures; 1933. 30 fr.

33. **BOUHET (Ch.) et LAFONT (R.).** — **Recherches sur l'étalement de l'huile de ricin et de diverses glycérines à la surface de l'eau.** In-8 de 52 pages, avec 31 figures; 1933. 18 fr.

34. **LECOMTE (Jean) et LAMBERT (Pierre).** — **Quelques applications des spectres d'absorption infrarouges à l'étude des constituants des essences (carbures à noyaux).** Préface de M. A. COTTON. In-8 de 142 pages, avec 87 figures et 1 tableau; 1933. 30 fr.

35. **DURAND (Georges).** — **Sur les petits mouvements d'un système infini de tourbillons autour d'une position d'équilibre.** In-8 de 26 pages; 1933. 15 fr.

36. **VERNOTTE (P.) et BLOUIN (E.).** — **Expériences sur le refroidissement d'un corps chaud par un courant d'air.** Préface de Ch. FABRY. In-8 de 90 pages, avec 6 figures, 3 graphiques et 4 planches; 1933. 25 fr.

37. **MONNIN (Marcel).** — **Les assemblages de bois.** Tome I. In-8 de 112 pages, avec 42 figures et 3 planches en dépliant; 1933. 25 fr.

38. **BOUTRY (G.-A.).** — **Mesure des densités photographiques par la méthode photoélectrique.** Préface de M. P. FLEURY. In-8 de 148 pages, avec 52 figures; 1934. 25 fr.

39. **CAZAUD.** — **Recherches sur la fatigue des aciers.** Préface de M. A. CAQUOT. In-8 de 166 pages, avec 101 figures et 5 tableaux; 1934. 30 fr.

40. **ROY (Madeleine).** — **Contribution à l'étude du vieillissement de l'huile de ricin.** In-8 de 68 pages, avec 10 figures; 1934. 18 fr.

41. **REBUFFET.** — **Moments aérodynamiques de différents gouvernes.** In-8 de 130 pages, avec 91 figures; 1934. 25 fr.

42. **GIGNEAUX (M.).** — **Recherches sur le capotage des moteurs en étoile à refroidissement par l'air.** In-8 de 56 pages, avec 34 figures; 1934. 20 fr.

43. **CARRIÈRE (E.).** — **Recherches sur les constituants des « Pétroles » et des « Gasoils ». Essai d'établissement d'une méthode d'analyse quantitative.** In-8 de 38 pages, avec 4 courbes; 1934. 15 fr.

44. **FOURNIER (H.).** — **Étude sur les essais d'emboutissage des métaux.** In-8 de 70 pages dont 41 tableaux et 12 planches; 1934. 20 fr.

45. **PARIS (René).** — **Contribution à l'étude des alliages ternaires.** In-8 de 94 pages, avec 59 figures, 26 tableaux et 8 planches; 1934. 25 fr.

46. **BRIAULT (Madeleine).** — **Contribution à l'étude du graissage.** In-8 de 38 pages, avec 6 figures et 15 courbes; 1934. 12 fr.

47. **LE ROLLAND (Paul) et SORIN (Pierre).** — **Étude d'une méthode utilisant le couplage pour la détermination de la résistance mécanique des constructions.** In-8 de 184 pages, avec 49 figures; 1934. 30 fr.

48. **ROULLEAU (Maurice).** — **Utilisation des substances phosphorescentes en aéronautique.** In-8 de 54 pages, avec 18 figures; 1934. 15 fr.

49. **ESTRADÈRE (Suzanne).** — **Recherches sur l'oxydation des carbures d'hydrogène et ses rapports avec la détonation des moteurs.** In-8 de 86 pages, avec 34 figures; 1934. 18 fr.

50. **SCHÉRER (Maurice).** — **Sur des propriétés magnéto-optiques des liquides. Application à l'analyse des carbures d'hydrogène.** In-8 de 102 pages, avec 24 figures; 1934. 20 fr.

51. **BOUHET et LAMARCHE.** — **Recherches sur l'étalement des composants de l'huile de ricin.** In-8 de 46 pages, avec 30 figures; 1934. 18 fr.

52. **LEPRINCE-RINGUET (L.).** — **Étude et contrôle des huiles de graissage par la mesure des tensions interfaciales huile-eau.** In-8 de 34 pages; 1934. 9 fr.

53. **GIRERD (H.).** — **Contribution à l'étude expérimentale du biplan d'envergure infinie, première Partie.** In-8 de 140 pages, avec 3 figures et 6 planches; 1934. 25 fr.

53 *bis*. Deuxième Partie. Album de planches. In-8 de 8 pages avec LXXV planches; 1934. 25 fr.

54. **SCHMITT (Max).** — **Recherches sur la vaporisation des carbures d'hydrogène et des mélanges de carbures.** In-8 de 148 pages, avec 12 figures; 1934. 20 fr.

55. **LUNTZ (M.).** — **Recherches sur la résistance des fluides dans un mouvement non permanent. Méthode des profils virtuels.** In-8 de 68 pages, avec 16 figures; 1934. 15 fr.

56. **PORTES.** — **Contribution à l'étude expérimentale des interactions d'une sonde et d'un corps de révolution.** In-8 de 110 pages, avec 57 figures; 1934. 18 fr.

57. **MALAVARD.** — **Application des analogies électriques à la solution de quelques problèmes de l'hydrodynamique.** In-8 de 82 pages, avec 37 figures et XI graphiques; 1934. 15 fr.

58. **OGÉE.** — **Recherches sur la résistance et la fatigue des aciers au carbone.** In-8 de 78 pages, avec 35 figures et 12 reproductions mécanographiques; 1934. 15 fr.

59. **LEMAINS.** — **Recherches sur l'écoulement et les pertes de charge à travers les grilles et les filtres à mailles.** In-8 de 60 pages, avec 39 figures; 1934. 12 fr.

60. **WORONETZ.** — **Perturbations provoquées dans le mouvement d'un fluide par des variations de la température.** In-8 de 58 pages, avec 9 figures; 1934. 15 fr.

61. **CHARRIOU.** — **Étude de la sensibilisation chromatique et de la désensibilisation des émulsions photographiques.** In-8 de 240 pages, avec 73 fig.; 1935. 25 fr.

62. **DURAND et LAÏ-WAÏ-HSUN.** — **Étude de l'oxydation par l'anhydride permanganique des hydrocarbures purs existant dans les essences et autres carburants.** In-8 de 46 pages, avec 5 fig.; 1935. 10 fr.

63. **BRUN.** — **Phénomènes thermiques provoqués par le déplacement relatif d'un solide dans un fluide.** In-8 de 94 pages, avec 38 figures; 1935. 18 fr.

64. **GOLDOWSKI.** — **Contribution à l'étude de la corrosion.** In-8 de 154 pages, avec 77 figures; 1935. 20 fr.

65. **SADRON (Ch.).** — **Turbulence et frottement turbulent. Théorie de Karman.** In-8 de 74 pages avec 21 figures; 1935. 15 fr.

66. **MAMAN (André).** — **Contribution à l'étude des hexanes et de quelques carbures d'hydrogène.** In-8 de 64 pages avec 11 figures et tableaux; 1935. **12 fr.**

67. **BOUASSE (H.).** — **Phénomènes dans les fluides tournants.** In-8 de 234 pages avec 98 fig.; 1935. **25 fr.**

68. **SANTON (Lucien).** — **Contribution expérimentale à l'étude des souffleries supersoniques.** In-8 de 96 pages avec 49 figures; 1935.................... **18 fr.**

69. **DONCESCU.** — **Détermination des températures de gaz pendant la détente dans les moteurs à explosion.** In-8 de 72 pages avec figures; 1935........... **12 fr.**

70. **ELCHARDUS (Émile).** — **Recherches sur l'analyse thermique des alliages ternaires. Application aux alliages magnésium, silicium, zinc, riches en magnésium.** In-8 de 140 pages avec 129 figures; 1935. **20 fr.**

71. **LUNTZ (M.) et SCHWARZ.** — **L'hydrodynamique du cylindre tournant.** In-8 de 42 pages avec 40 figures et 16 photographies; 1935.......... **12 fr.**

72. **PORTIER (Henri).** — **Les transpositions de matériaux en construction.** In-8 de 166 pages avec 74 figures; 1935.......................... **20 fr.**

73. **VALENSI (Jacques).** — **Étude de l'écoulement de l'air autour d'une hélice.** In-8 de 258 pages avec 186 figures; 1935.......................... **25 fr.**

74. **ALAYRAC (A.).** — **Études des écoulements irrotationnels dans l'espace à trois dimensions** (suite des nos 3 et 13). In-8 de 124 pages; 1935.......... **20 fr.**

75. **DE FLEURY (R.).** — **Le magnésium dans les constructions aéronautiques.** In-8 de 120 pages, avec 61 figures; 1935.......................... **20 fr.**

76. **DUCHÊNE (Émile).** — **Étude expérimentale sur la stabilité transversale des avions.** In-8 de 102 pages, avec 34 figures; 1935...................... **18 fr.**

77. **SERRUYS (M.) et TCHANG TE LOU.** — **Influence des caractéristiques atmosphériques sur la puissance des moteurs à explosion.** In-8 de 42 pages, avec 19 figures; 1935...................... **10 fr.**

78. **LAURE (Yvon).** — **Contribution à l'étude de l'explosion des mélanges hydrocarburés.** In-8 de 74 pages, avec 45 figures; 1935...................... **15 fr.**

79. **LAFAY.** — **Balance aérodynamique permettant le tracé continu des polaires. Effets singuliers produits par de très légères modifications de structure du vent. Contribution expérimentale à l'aérodynamique du cylindre et à l'étude du phénomène de Magnus.** In-8 de 56 pages, avec 18 figures; 1935. **15 fr.**

80. **GRANIER (J.).** — **Recherches sur les propriétés diélectriques du caoutchouc.** In-8 de 62 pages, avec 25 figures; 1935...................... **12 fr.**

81. **GIRARD (A.).** — **Les constituants de la rouille.** In-8 de 80 pages avec 49 figures.................. **15 fr.**

82. **COLOMBIER (L.).** — **L'état passif des métaux. Étude de la passivité du nickel.** In-8 de 104 pages avec 11 figures; 1936...................... **15 fr.**

83. **DELFOSSE (M.).** — **Sur le couple des roulements à billes.** In-8 de 72 pages avec 35 fig.; 1936.. **12 fr.**

84. **NICOLSKY (V.-A.).** — **Recherche des contraintes dans les poutres de hauteur variable.** In-8 de 62 pages avec 24 figures; 1936.............. **10 fr.**

85. **Mlle L. DOUSSIN et Fernand FOURNIER.** — **Observations sur le laminage des alliages magnésium-aluminium.** In-8 de 26 pages avec 15 figures et 12 planches; 1936...................... **12 fr.**

86. **NÉNADOVITCH (Miroslav).** — **Recherches sur les cellules biplanes rigides d'envergure infinie.** In-8 110 pages avec 65 figures et 146 planches; 1936. **25 fr.**

87. **DEMONTIS (Jean).** — **Recherches sur l'influence de l'angle d'ouverture d'un ajustage divergent, sur l'écoulement à deux dimensions de l'air à travers cet ajustage.** In-8 de 72 pages, avec 35 figures; 1936.............................. **12 fr.**

88. **GRARD (Jean).** — **Enduits cellulosiques pour toiles d'avions.** In-8 de 22 pages, avec 8 figures; 1936. **6 fr.**

89. **BLONDEL (Robert).** — **Étude du système antimoine-étain-zinc et contribution à l'étude des antifrictions à base de zinc.** In-8 de 86 pages, avec 48 figures et 2 planches; 1936.......................... **15 fr.**

90. **CHARRON (Fernand).** — **Électromètre. Plan-sphère à suspension bifilaire.** In-8 de 20 pages, avec 6 figures; 1936................................ **6 fr.**

91. **PROT et GOLDOWSKI.** — **Étude de la susceptibilité corrosive des métaux par la méthode colorimétrique et par la méthode des éprouvettes minces.** In-8 de 56 pages, avec 33 figures; 1936....... **12 fr.**

92. **SACKMANN (Louis).** — **L'écoulement des fluides au voisinage des points singuliers des obstacles.** In-8 de 108 pages, avec 53 figures; 1936...... **18 fr.**

93. **HÉRENGUEL (Jean).** — **Sublimation et distillation du magnésium et du calcium.** In-8 de 70 pages, avec 25 figures et 2 planches; 1936.......... **12 fr.**

94. **DUCHÊNE (P.).** — **Étude expérimentale de la combustion dans les moteurs à injections.** In-8 de 22 pages, avec 13 figures; 1936............... **6 fr.**

95 **CRAUSSE (E.).** — **Contribution à l'étude expérimentale de phénomènes transitoires et de phénomènes périodiques se produisant dans les liquides en mouvement.** In-8 de 112 pages, avec 53 figures; 1959.................................. **15 fr.**

96. **LABARTHE (André).** — **Nouvelles Méthodes de Mesures Mécaniques.** Préface de M. BÉGHIN In-8 de 276 pages, avec 283 figures; 1936......... **25 fr.**

97. **TCHANG TE LOU.** — **Contribution à l'étude de l'allumage et de la combustion dans les Moteurs à explosion.** In-8 de 136 p., avec 36 fig.; 1936. **18 fr.**

98. **BAUBIAC (J.).** — **Étude expérimentale en régime transitoire du sillage et de la résistance des corps immergés.** In-8 de 100 p., avec 45 fig.; 1936. **15 fr.**

99. **ANDANT (A.).** — **Application de la spectrographie Raman à l'Analyse des essences minérales.** In-8 de 70 pages, avec 27 figures; 1936........... **15 fr.**

100. **SCHWARZ (P.).** — **Recherches sur les tourbillons alternés.** In-8 de 142 p., avec 58 fig.; 1937... **20 fr.**

101. **ESTRADÈRE.** — **Étude thermique de l'Oxydation lente des Carbures d'hydrogène.** In-8 de 66 pages, avec 43 figures; 1937....................... **12 fr.**

102. **ROCARD et MORLON.** — **Étude de Silencieux pour Moteurs d'Aviation.** In-8 de 42 pages, avec 16 figures; 1937.......................... **10 fr.**

103. **SERRUYS.** — **La Combustion détonante dans les Moteurs à explosion.** In-8 de 232 pages, avec 122 figures; 1937.......................... **25 fr.**

104. **LEDOUX.** — **Procédés pratiques de mesures précises de la vitesse de diffusion des gaz à travers les membranes.** In-8 de 68 p., avec 16 fig.; 1937. **15 fr.**

105. **TRICHÉ.** — **Application de l'Analyse spectrographique à l'étude des alliages.** In-8 de 76 pages, avec 29 figures; 1937......................... **12 fr.**

106. **SUPPER.** — **Photoélasticimétrie et apsidométrie.** In-8 de 72 pages, avec 48 figures; 1937...... **12 fr.**

107. **ROULLEAU.** — **Action des basses températures rencontrées en photographie aérienne sur la sensibilité des émulsions.** In-8 de 92 pages, avec 54 figures; 1937.......................... **15 fr.**

108. **RIABOUCHINSKY (D.).** — **Améliorations des qualités aérodynamiques des profils d'aile à grandes vitesses.** In-8 de 138 pages, avec 96 fig., 7 vues stérioscopiques et 7 planches; 1937 .... **20 fr.**

109. **ROSSIGNOL (J.).** — **Recherches de la forme d'équilibre de deux tourbillons cylindriques.** In-8 de 58 pages; 1937 .... **10 fr.**

110. **VAGNER.** — **Résistance des sphères en mouvement accéléré dans un fluide.** In-8 de 132 pages, avec 52 fig.; 1937 .... **15 fr.**

111. **A. FORTIER.** — **Contribution à l'étude de la viscosité de l'air et des gaz.** In-8 de 82 pages, avec 25 figures; 1937 .... **15 fr.**

112. **BRUN (Edmond).** — **Phénomènes thermiques provoqués par le déplacement relatif d'un solide dans un fluide** (suite de la Publication N° 63). In-8 de 38 pages, avec 15 figures; 1937 .... **10 fr.**

113. **CHARRON (Fernand).** — **Perfectionnements à l'électromètre bifilaire pour haute tension.** In-8 de 17 pages, avec 5 figures; 1937 .... **6 fr.**

114. **CHARTIER (Charles).** — **Chronophotogrammétrie plane et stéréoscopique.** In-8 de 192 p., 118 fig., 95 pl. et 18 reproductions photographiques; 1937 ... **25 fr.**

115. **SERRUYS (Max).** — **Étude expérimentale de l'allumage par point chaud dans les moteurs à explosion.** In-8 de 52 p., avec 47 fig.; 1937 .. **10 fr.**

116. **CHARRIOU (A.) et VALETTE (Suzanne).** — **Films indéformables pour la photographie aérienne.** In-8 de 110 pages, avec 37 figures; 1937 ..... **20 fr.**

117. **CAPELLE (Jean).** — **Étude de la Génération des engrenages par la méthode des roulettes.** In-8 de 138 pages, avec 107 figures; 1938 .... **18 fr.**

118. **RIABOUCHINSKY.** — **Contribution à l'étude des hélices.** In-8 de 130 pages, avec 110 figures et 16 planches; 1938 .... **25 fr.**

119. **BRUN (E.).** — **Répartition des températures sur une aile d'avion. Application aux phénomènes de givrage.** In-8 de 54 pages, avec 44 figures; 1938. **12 fr.**

120. **RAVILLY (E.).** — **Contribution à l'étude de la rupture des fils métalliques soumis à des torsions alternées.** In-8 de 198 pages, avec 95 figures; 1938 .... **30 fr.**

121. **LABAT (J.).** — **Applications aérodynamiques de la méthode de chronophotogrammétrie plane.** In-8 de 106 pages, avec 33 figures et 27 photographies; 1938 .... **20 fr.**

122. **CHAILLOUX (Mlle).** — **Le module d'élasticité des alliages légers et sa variation avec la température.** In-8 de 28 pages, avec 7 figures; 1938 .... **8 fr.**

123. **SILBER (R.).** — **Étude de l'adaptation et du fonctionnement de l'ensemble : Planeur-Moteur-Propulseur.** In-8 de v-322 pages, avec 216 figures; 1938 .... **40 fr.**

124. **CHARRIOU (A.) et Mlle S. VALETTE.** — **Recherches sur la gélatine photographique.** In-8 de 62 pages, avec 20 figures; 1938 .... **12 fr.**

125. **COSTE (H.).** — **Étude générale sur les segments de moteurs.** In-8 de 102 pages, avec 62 figures; 1938 .... **20 fr.**

126. **SILBER (R.).** — **Étude expérimentale d'une maquette d'avion complet.** In-8 de 196 pages, avec 157 figures; 1938 .... **28 fr.**

127. **CAMICHEL (C.) et ESCANDE (L.).** — **Similitude hydrodynamique et technique des modèles réduits.** In-8 de III-368 pages, avec 416 figures; 1938. **50 fr.**

N. B. — Les publications du Ministère de l'Air ne sont fournies qu'en compte ferme. Aucun retour ne pourra être accepté.

Collection des Publications du Ministère de l'Air *(suite)*

BULLETINS TECHNIQUES DU MINISTÈRE DE L'AIR

Fascicules In-4 (31×21) se vendant séparément :

11. **ALAYRAC** (le Commandant). — L'atmosphère Standard du Service technique .... 12 fr.
12. **ROBERT** (le Lieutenant-Colonel). — Aérodynamique. Recherches expérimentales (Fascicule I : *Profils d'ailes*) .... (*Épuisé.*)
14. **GRARD** (le Colonel). — L'unification et les produits Standards dans la mobilisation industrielle de l'Aéronautique .... 15 fr.
17. **RIABOUCHINSKY** (D.). — Aperçus théoriques sur la Mécanique des fluides .... 25 fr.
15. **ROBERT**. — Aérodynamique. Recherches expérimentales (Fascicule III : *Profils d'ailes. Maquettes d'avions et hydravions*) .... 25 fr.
16. **ALAYRAC** (le Lieutenant-Colonel). — Étude théorique du vol plané dans une atmosphère en mouvement .... 20 fr.
18. **ROBERT**. — Aérodynamique. Recherches expérimentales (Fascicule IV : *Résistance à l'avancement de fils métalliques fuselés*) .... 20 fr.
32. **HUGUENARD** (E.), **MAGNAN** (A.) et **PLANIOL** (A.). — Les appareils à fils chauds, leur application à l'étude des mouvements atmosphériques. (*Épuisé.*)
35. **BEYNE**, Médecin principal; **MAZER**, Ingénieur, et **GRENIER** (M.). — Inhalation d'oxygène pour le vol à haute altitude .... (*Épuisé.*)
37. **WACHE**. — Contribution à l'étude de la dissolution de l'aluminium et de ses alliages dans les acides .... 15 fr.
39. **ALAYRAC**, Ingénieur en chef H. C. de l'Aéronautique. — Étude théorique du vol par battements. 15 fr.
41. **LAPRESLE** (A.). — Études expérimentales des voilures tournantes .... 15 fr.
43. **LAPRESLE**. — Contribution à l'étude expérimentale du champ aérodynamique autour d'un profil sustentateur .... 25 fr.
44. **FRANK**. — La traversée aérienne de l'Atlantique Nord .... 20 fr.
45. **ROCARD** et **ROTHSCHILD** (de). — Rôle de la lumière diffusée par l'atmosphère dans la visibilité .... 20 fr.
46. **HUGUENARD** (E.), **PLANIOL** (A.) et **MAGNAN** (A.). — Étude sur les manographes et les indicateurs de pression .... 15 fr.
48. **PRIS**. — Recherches expérimentales sur la théorie des surfaces portantes. Récupération de l'énergie tourbillonnaire .... (*Epuisé.*)
49. **HUGUENARD** (E.), **PLANIOL** (A.) et **MAGNAN** (A.). — Étude sur les accélérations et les vitesses angulaires du vent naturel .... 15 fr.
50. **ETEVÉ**. — Amélioration du rendement des moteurs à explosion .... 15 fr.
51. **FRAICHET** (L.). — Détermination rationnelle des éléments d'un filetage .... 15 fr.
52. **LECŒUVRE** et **CAZAUD**. — Recherches métallographiques sur l'aluminium et ses alliages. 30 fr.
53. **LEYGUES** (le Lieutenant). — Études sur les hélices métalliques .... (*Épuisé.*)
54. **DUCHÈNE** (R.). — Contribution à l'étude des déflagrations dans les mélanges carburés gazeux. 18 fr.
55. **LEROUX** (E.). — Note sur l'adaptation des hélices aériennes. L'action de l'hélice dans le vol piqué des avions .... 15 fr.
56. **SABATIER** (J.). — Étude sur les moyens d'éviter les incendies à bord des avions .... 15 fr.
57. **STAPFER** (P.). — Analyse des expériences aérodynamiques faites en vol à bord du dirigeable « Méditerranée » .... 25 fr.
58. **MAGNAN** (A.).—Étude de théorie du poisson. 75 fr.
59. **BRISSOT** (A.). — Étude sur les longueurs de roulement au décollage et à l'atterrissage des avions. (*Ep.*)
60. **LEDUC** (R.). — Contribution à l'étude des poutres prismatiques .... 30 fr.
61. **FRAICHET**. — Erreurs de mesures. Erreurs et tolérances de fabrication des calibres. Interchangeabilité des pièces filetées .... 20 fr.
62. **MAGNAN** (A.). — Détermination expérimentale des polaires d'avions en vol .... 30 fr.
63. **DUPONT**. — Application des tourbillons conjugués à l'aérodynamique du cercle et des profils. Construction de profils d'ailes. Mesure des pressions de section médiane d'une aile .... 40 fr.
64. **AMIEL** (J.), **GHEORGHIU** (T. D.) et **ANDANT** (A.). — Oxydation du benzène. Absorption des spectres visibles de quelques huiles minérales. Spectres d'absorption ultraviolets de quelques carbures d'hydrogène .... 25 fr.
65. **LANDWERLIN** (H.) et **SUARD** (L.). — Essais et calculs des roues et des organes amortisseurs. 20 fr.
66. **LAPRESLES** (A.). — Girouette aérodynamique et stabilité de forme des planeurs .... 35 fr.
67. **RIABOUCHINSKY** (D.). — Aperçus théoriques sur la Mécanique des fluides .... 30 fr.
68. **CAZAUD**. — Recherches sur la fatigue des métaux .... 25 fr.
69. **MAGNAN** (A.) et **SAINTE-LAGÜE** (A.). — Hodographes et polaires d'avions .... 30 fr.
70. **FRAICHET** (L.). — Interchangeabilité des pièces filetées .... 15 fr.
71. **MAGNAN** (A.). — Résistance à l'avancement et puissance des poissons .... 50 fr.
72. **PROT** (Marcel). — Contribution à l'étude expérimentale des forces électromotrices de dissolution .... 40 fr.
73. **HUGUENARD** (E.), **PLANIOL** (A.) et **MAGNAN** (A.). — Appareils pour la mesure des phénomènes atmosphériques .... 25 fr.
74. **MAGNAN** (A.). — Le vol des oiseaux et le vol des avions .... 120 fr.
75. **CHAMPSAUR** (N.). — Mesure des quantités de chaleur évacuées par l'eau et par l'huile dans les moteurs d'aviation .... 45 fr.
76. **DAVIOT**, **SCHNERB** et **BASTIEN**. — Théorie succincte de la navigation aérienne .... 8 fr.
77. **DUPONT** (Paul). — Contribution à l'étude du vol en atmosphère agitée. Texte .... 20 fr.
Atlas de 41 planches .... 80 fr.
78. **MIRLES** (A.). — Contribution à l'étude du givrage. 15 fr.
79. **CHARRIOU** (A.) et Mlle **S. VALETTE**. — Observation rapide de négatifs en photographie aérienne. 12 fr.

N. B.— Les publications du Ministère de l'Air ne sont fournies qu'en compte ferme. Aucun retour ne pourra être accepté.

N° 4.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 23 Janvier 1939).

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

NOMINATIONS.

ÉLECTIONS.

CORRESPONDANCE.

N° 4.

TABLE DES ARTICLES (*suite*).

CORRESPONDANCE (*suite*).

1939

PREMIER SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS

TOME 208

N° 5 (30 Janvier 1939).



PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Quai des Grands-Augustins, 55

1939

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LA SÉANCE DU 13 JUILLET 1835
ET MODIFIÉ DANS LES SÉANCES DES 24 FÉVRIER 1840, 23 JUIN 1862, 24 MAI 1875, 8 JUIN 1925.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y deux volumes par année.

ARTICLE 1. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus *quatre* pages par numéro.

Un membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de *dix* Notes par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les *dix* Notes accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus *trois* pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de *huit* Notes par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne porte en rien préjudice au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de la discussion.

Les Rapports relatifs aux prix décernés ne sont imprimés dans les *Comptes rendus* qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Notes des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie ne peuvent pas dépasser *deux* pages *et demie*. Le nombre des Notes d'un même auteur ne peut être supérieur à *cinq* par année.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Des figures ne pourraient être exceptionnellement autorisées que si elles étaient déposées sur le Bureau en même temps que la Note présentée. L'espace occupé par ces figures compte alors pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

NOTA. — *La page comprend* 38 *lignes de* 67 *lettres ou intervalles.*

AVIS AUX AUTEURS

Les références bibliographiques des Notes destinées aux *Comptes rendus* doivent être aussi complètes que possible et comprendre, par exemple pour les Périodiques, l'indication du tome, de l'année et de la page.

(*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1057.)

Les auteurs qui ne se conformeront pas à cette règle seront exposés à voir leurs Notes retardées jusqu'à ce que les indications jugées nécessaires et signalées *sur les épreuves* aient été fournies.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 JANVIER 1939.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Education Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 20 janvier 1939, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Emmanuel de Margerie** pour occuper dans la Section de Minéralogie la place vacante par le décès de M. *L. de Launay*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président M. **Emmanuel de Margerie** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Louis Fabry**, Correspondant pour la Section d'Astronomie, survenu le 26 janvier 1939, aux Lecques (Var).

BOTANIQUE ET AGRONOMIE COLONIALE. — *L'avenir de la culture cotonnière dans nos possessions et l'organisation des recherches scientifiques sur cette culture*. Note de M. **Auguste Chevalier**.

Actuellement la France importe chaque année 300000 t. de coton-fibre, d'une valeur, au cours actuel des changes, d'environ 3 milliards de francs. Le travail de ce coton fait vivre 250000 ouvriers.

Nos colonies devraient nous fournir une bonne part du coton-fibre que nous importons. Il n'en est rien, et la faute n'en incombe pas aux Colonies,

mais à la Métropole qui n'a pas su jusqu'à ce jour organiser la production d'une matière première indispensable à l'industrie nationale. Ce que nous avons réalisé est insignifiant par rapport aux résultats obtenus dans l'Empire britannique, au Brésil, en Russie, au Pérou, en Argentine, au Japon et même en Chine et au Congo belge. Quant à la production aux États-Unis, les Américains l'ont réduite volontairement pour des causes que nous n'avons pas à examiner ici.

Nos Colonies, malgré plus de 30 années d'essais, ne produisent encore que 13634 t. de coton par an, moins de 5 pour 100 de nos besoins. Cette production se répartit ainsi : 3916 t. en A. O. F. (dont 585 t. pour le Soudan français), 7938 t. pour l'A. E. F. (Oubangui-Chari) et 1800 t. pour le Togo.

Notre production coloniale en coton s'est accrue en 11 années de 3400 t. Si ce rythme continue, et il en sera ainsi si nos méthodes ne se modifient pas, la production de l'ensemble de nos colonies atteindra à peine 20000 t. en 1950. La France est restée très en arrière des autres pays dans la culture du Cotonnier, bien que cette culture soit possible dans presque toutes ses possessions. Si elle n'a pas jusqu'à ce jour réussi, c'est que nous n'avons pas su mettre en application les méthodes scientifiques qui ont donné de si magnifiques résultats dans d'autres pays.

Lorsqu'en 1900-1903 l'attention des industriels français fut attirée, par les officiers et les membres de la mission du Général Ed. de Trentinian dont nous avions fait partie, sur la possibilité de produire dans tout le Soudan français un coton utilisable, on crut qu'il suffisait, pour développer cette culture jusqu'à la satisfaction de nos besoins, de distribuer des graines aux indigènes, graines achetées en Amérique ou en Égypte, donnant des produits semblables à ceux qu'utilisent nos filateurs, les faire cultiver par les Noirs, installer des usines d'égrenage sur les lieux de production, expédier le coton en France, et chaque année se réapprovisionner de graines sélectionnées en Amérique. Solution des plus simplistes.

Ayant séjourné dès cette époque 15 mois au Soudan et au Sénégal pour en étudier les possibilités de culture du Cotonnier, nous avons montré en 1901 (¹) et 1904 (²) que le problème était complexe et que le programme de la culture à entreprendre devait s'appuyer sur des données scientifiques rigoureuses. On devait, disions-nous, rechercher pour chaque zone climatique une race productrice, bien adaptée et donnant un produit commercial. « Cette race étant obtenue à la suite de recherches, on devra la cultiver dans des champs d'expérience, de manière à bien la fixer et la

(¹) *Bull. Soc. Acclim.*, **48**, 1901, p. 445.
(²) *Comptes rendus*, **139**, 1904, p. 79.

multiplier pour obtenir assez de graines afin de répandre la culture chez les Noirs après destruction des anciennes sortes indigènes. La sélection devra être continuée dans des champs d'essais dirigés par des Européens sous le contrôle d'un établissement scientifique chargé de rechercher des races nouvelles meilleures et de prévenir la dégénérescence. » Nous ajoutions que la culture du Cotonnier étant une culture pauvre, il fallait indemniser le paysan indigène tant que cette culture ne serait pas au point et qu'il fallait au plus tôt améliorer la technique culturale, choisir les terrains convenables, déterminer les assolements, organiser la lutte contre les maladies.

Notre appel ne fut pas entendu, aussi nous publiâmes en 1925 une Note sur *La nécessité d'une organisation scientifique pour résoudre le problème cotonnier colonial* (*Revue scientifique*, 1925, n°s 3, 4 et 5, p. 75-84, 107-112, 142-149).

La distribution aux indigènes de graines de coton importées chaque année d'Amérique et d'Égypte n'ayant pas donné de résultats appréciables au Soudan français, quelques personnes avaient suggéré en 1912 que l'avenir du Cotonnier était dans l'organisation de la culture irriguée dans la vallée du Niger. Cette culture, écrivait Dybowski en 1917, ne peut être pratiquée utilement et fructueusement au Niger que par l'irrigation (*C. R. Acad. Agric. France*, 1917, p. 154). Cependant un ingénieur éminent, M. J. Barois, familiarisé avec l'irrigation en Égypte, conseillait la prudence : « Les grands travaux d'hydraulique agricole demandent une très longue étude ». Il recommandait un programme préalable de recherches portant sur la culture intensive du Cotonnier, sur les ressources en eau, sur les sols. En 1920 on se mit à l'œuvre pour les travaux d'études, et dès 1921 diverses personnalités formulaient déjà les conclusions les plus optimistes.

Depuis cette date plusieurs centaines de millions ont été dépensés sur le Niger pour des travaux qui relèvent de l'art de l'ingénieur, mais aucun des nombreux problèmes concernant la culture du Cotonnier n'a encore reçu de solution. On a mis la charrue avant les bœufs. Le cercle de Ségou, où sont installées toutes les fermes qui ont précédé l'organisation de l'Office du Niger et les premiers casiers d'irrigation, produit aujourd'hui 200 t. de coton, dont à peine 50 t. en culture irriguée. En 1943 cette production sera de moins de 1000 t. La production du coton colonial en culture sèche dans la zone que nous avons nommée le *Cotton belt africain* donnera, avec beaucoup moins d'efforts, environ 15000 t., et beaucoup plus si l'on sait prendre au plus tôt les décisions nécessaires, mais il est grand temps d'agir. Il faut nous organiser, en nous inspirant de ce qui a été fait dans les pays étrangers.

Dans deux Notes précédentes, nous avons montré la complexité des problèmes biologiques relatifs à cette culture. Il faut, pour chaque zone climatique, sélectionner une ou deux variétés donnant à la fois de bons rendements, une fibre de qualité; enfin il importe de cultiver une plante aussi précoce que possible, résistante aux maladies cryptogamiques et aux insectes nuisibles; or cette résistance s'obtient par sélection; comme de nouvelles maladies ou de nouveaux insectes font souvent leur apparition, le chercheur doit trouver de nouvelles lignées résistantes. S. C. Harland estime qu'il faut cinq à six années de travaux avec d'assez nombreux collaborateurs pour substituer dans un pays une race méritante à une autre qui s'est dépréciée comme qualité ou qui est moins résistante aux maladies. Certaines affections nécessitent une surveillance constante dans les champs, par exemple la rouille bactérienne si redoutable en Afrique et qui oblige à la recherche constante de races immunes; la maladie dénommée *schedding*, caractérisée par la chute des boutons floraux et des capsules avant maturité, maladie tantôt d'ordre physiologique, tantôt d'ordre pathologique, est également héréditaire et nécessite la recherche de variétés immunes. Enfin il arrive souvent qu'une variété satisfaisante, bien sélectionnée, cesse d'être immune, et devient impure au bout de quelques années par suite des mélanges de graines dans les usines d'égrenage ou dans les champs des indigènes; il faut l'épurer de nouveau. Il en résulte qu'il n'y a jamais de stabilité dans la distribution des variétés de coton et que les stations doivent continuer leurs travaux sans arrêt.

Toutes les recherches relatives à la sélection, aux maladies, à la pédologie, aux problèmes agronomiques, tels que les assolements, les fumures, l'époque des semis, demandent un personnel nombreux de biologistes et d'aides techniques. La Grande-Bretagne a dépensé depuis 30 ans plus d'un milliard de francs en recherches appliquées à l'étude et à l'amélioration du Cotonnier dans son Empire.

Le *Sherley Institute*, créé par l'*Empire Cotton Corporation* à Manchester, est très largement doté; tous les trois ans il organise une conférence sur les problèmes botaniques et agronomiques concernant la culture du Cotonnier dans l'Empire. Il existe de puissantes organisations pour l'étude du Cotonnier dans l'Inde, à Trinidad, en Égypte, au Soudan anglo-égyptien. Dans ce dernier pays l'Institut de Wad-Médani, sur le Nil Bleu, dispose d'un budget annuel de 45 millions de francs pour les recherches sur la culture irriguée du Cotonnier, sur ses maladies et sur sa sélection. Ces travaux sont du reste largement payants : l'Angleterre trouve aujourd'hui dans son Empire presque tout le coton dont elle a besoin; ses possessions d'Afrique lui fournissent en culture sèche près de 100000 t. de coton par an et elles n'en n'exportaient pas il y a 35 ans; le Soudan anglo-égyptien produit déjà dans la Gésirah environ 40000 t. de coton égyptien en irrigation. Dans l'Inde, depuis 30 ans, la culture a doublé, et l'indigène est

en possession de meilleures variétés plus rémunératrices. L'effort scientifique accompli dans la Russie d'Asie depuis 20 ans pour l'extension de la culture du Cotonnier est également gigantesque.

Mais de tous les pays, c'est certainement le Brésil qui a fait les plus rapides progrès. La culture du Cotonnier était stagnante et très peu développée en 1928 lorsque commença la crise du café. La production brésilienne en coton a été en 1938 de 430000 t.; l'État de Sao-Paulo à lui seul a exporté 200000 t. Ce résultat est dû, non seulement aux sols très favorables, mais aussi aux travaux de sélection poursuivis à la Station de Campinas par R. Cruz Martins et C. Harland. Sans pouvoir espérer des progrès pareils dans nos possessions d'Afrique, où il existe à peine 6 à 8 millions d'habitants dans la zone du Coton belt (culture sèche), on pourrait tabler sur une production de quelques dizaines de milliers de tonnes dans peu d'années si l'on consent à réaliser au plus tôt l'organisation scientifique nécessaire.

M. **M. Caullery** fait hommage à l'Académie de son livre sur *Les Progrès récents de l'Embryologie expérimentale* (1), où il a essayé d'exposer synthétiquement l'ensemble des recherches les plus importantes faites, au cours des dernières décades, en ce domaine qui constitue présentement une des branches les plus vivantes de la Biologie et les plus fécondes pour la compréhension générale des organismes.

ÉLECTIONS.

M. **Norris Russell** est élu Correspondant pour la Section d'Astronomie en remplacement de M. *E. W. Brown* décédé.

---

(1) Paris (*Bibliothèque de Philosophie scientifique*), 236 p., 395 fig.

CORRESPONDANCE.

Le **Recteur de l'Université de Pavie** invite l'Académie à se faire représenter à la cérémonie qui aura lieu en cette ville au mois d'avril 1939-XVII, pendant la semaine après Pâques, en mémoire de Lazzaro Spallanzani.

M. **Paul Carton** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. **Justin Jolly** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Section des Académiciens libres.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un problème de M. Marcinkiewicz.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Émile Borel.

Désignons par $X(t)$ la fonction aléatoire, liée au mouvement brownien, dont l'accroissement pendant le temps τ est une variable gaussienne d'écart type $\sqrt{\tau}$; par $TM(T)$ la mesure de l'ensemble des t pour lesquels $0 < t < T$, $X(t) > 0$; par $F(a, T, x)$ et $G(a, b, T, x)$ les fonctions de répartition des lois dont dépend $M(T)$ si l'on connaît, soit $X(0) = a$, soit $X(0) = a$ et $X(T) = b$. Il s'agit de déterminer ces fonctions [1].

1. Désignons par S_n le gain après n coups d'une partie de pile ou face; par N_1, N_2, ... les valeurs de n pour lesquelles $S_n = 0$. N_p est la somme

[1] On remarque que

$$G(a, b, T, x) = G(b, a, T, x) = 1 - G(-a, -b, T, 1-x) = \varphi(a/\sqrt{T}, b/\sqrt{T}, x).$$

De même $F(a, T, x) = 1 - F(-a, T, 1-x) = \varphi_0(a/\sqrt{T}, x)$.

de p termes qui dépendent de la même loi que N_1. De

$$(1)\qquad \Pr\{N_1 > x\} \sim \sqrt{\frac{2}{\pi x}} \qquad (x \to \infty),$$

et de propriétés connues des lois stables ([2]), on déduit

$$(2)\qquad \lim_{p \to \infty} \Pr\{N_p < p^2 x\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x u^{-\frac{3}{2}} e^{-\frac{1}{2u}} du \qquad (x > 0).$$

2. Soient Y et Y′ deux variables aléatoires dépendant de la loi (2), indépendantes l'une de l'autre. Posons $Y = (Y + Y')Z$, $Z = \sin^2\Phi$ $(0 \leq \Phi \leq \pi/2)$. Pour Z, la densité de probabilité est $g(z) = 1/\pi\sqrt{z(1-z)}$ $(0 < z < 1)$; cela revient à dire que, pour Φ, la répartition est uniforme.

3. Un entier n étant donné, définissons p par $N_p \leq n < N_{p+1}$; posons $N_p = n \sin^2\Theta_n$; désignons par $N_p \sin^2\Phi_p$ le nombre des ν inférieurs à N_p pour lesquels S_ν a un signe donné. Suivant le signe de S_n on peut représenter par $V_n = \sin^2\Phi_p \sin^2\Theta_n$, soit la proportion des nombres positifs, soit celle des nombres négatifs, parmi les n premières sommes S_ν. On déduit d'ailleurs aisément des résultats précédents que la loi dont dépend V_n tend vers celle dont dépend $V = \sin^2\Phi \sin^2\Theta$, Θ et Φ étant choisis indépendamment l'un de l'autre entre zéro et $\pi/2$ (avec répartition uniforme de la probabilité). Il vient ainsi

$$(3)\qquad \frac{d}{dv}\Pr\{V < v\} = g_1(v) = \frac{1}{\pi\sqrt{v}} \int_v^1 \frac{du}{\sqrt{u(1-u)(u-v)}} \qquad (0 < v < 1),$$

$$(4)\qquad \mathfrak{M}\{V^\alpha\} = [\mathfrak{M}(\sin^{2\alpha}\Phi)]^2 = \frac{1}{\pi}\left[\frac{\Gamma\left(\alpha + \frac{1}{2}\right)}{\Gamma(\alpha + 1)}\right] \qquad \left(\alpha + \frac{1}{2} > 0\right).$$

La proportion des nombres positifs parmi les n premiers S_ν dépend alors d'une loi qui, pour n infini, tend vers celle définie par la densité

$$(5)\qquad f(v) = \frac{1}{2}[g_1(v) + g_1(1-v)].$$

4. La loi dont dépend la fonction $X(t)$, si $X(0) = 0$, est la limite, pour

---

([2]) Cf. P. Lévy, *Variables aléatoires*, p. 203, et n° 2 de notre Note du 27 décembre 1938. Le résultat de cette Note sera complété par le n° 5 de la présente Note.

$\tau = 0$, de celle dont dépend la suite des nombres $S_n\sqrt{\tau}$, si l'on suppose le $n^{\text{ième}}$ coup joué à l'instant $t = n\tau$. On déduit alors des résultats qui précèdent que $F(0, T, x) = F(0, x)$ est la primitive de $f(x)$, et que

$$\pi G(0, 0, T, x) = 2 \operatorname{Arcsin}\sqrt{x}.$$

5. Considérons, dans l'intervalle $(0, T)$, les intervalles séparés par les racines de $X(t)$; soit $L(l, T)$ la longueur de l'ensemble de ceux dont la longueur n'atteint pas l; si l tend vers zéro, $L\sqrt{\pi/2l}$ tend presque sûrement vers une limite $y(T)$. On peut considérer T comme une fonction de y. La fonction aléatoire ainsi définie est la fonction à accroissements indépendants pour laquelle $\Delta t/(\Delta y)^2$ dépend de la loi stable (2) [3].

6. Soit $h(u) = 1/\sqrt{2\pi u^3 e^{1/u}}$ la densité de probabilité de cette loi; $h(t/a^2)dt/a^2$ est la probabilité que, si $X(0) = a$, la première racine T_1 de $X(t)$ appartienne à l'intervalle dt. On en déduit, pour $a > 0$, $0 < x < 1$,

$$(6) \qquad F(a, T, x) = 1 - F(-a, T, 1 - x) = \int_0^{Tx} h\left(\frac{t}{a^2}\right) F\left(0, \frac{Tx - t}{T - t}\right) \frac{dt}{a^2}.$$

On remarque que $F(a, T, 1 - 0) = \Pr\{T_1 < T\} < 1$. De même, pour $a > 0$, $ab < 0$

$$(7) \quad G(a, b, T, x) = 1 - G(-a, -b, T, 1 - x) = \mathfrak{M}_t\left\{G\left(0, b, T - t, \frac{Tx - t}{T - t}\right)\right\} \quad [4].$$

$\mathfrak{M}_t$ désignant une moyenne pondérée, calculée en attribuant à chaque intervalle dt intérieur à $(0, T)$ le poids

$$(8) \qquad \frac{1}{\sqrt{T - t}} e^{-\frac{b^2}{2(T-t)}} h\left(\frac{t}{a^2}\right) dt.$$

Si $ab > 0$, il faut multiplier le dernier membre de (7) par $e^{-\frac{2ab}{T}}$, qui est la probabilité, dans l'hypothèse $X(0) = a$, $X(T) = b$, que $X(t)$ s'annule entre 0 et T. Cette formule (7) permet de passer de $G(0, 0, T, x)$, qui est connu, à $G(a, 0, T, x) = G(0, a, T, x)$, puis à $G(a, b, T, x)$.

---

[3] Cette conclusion subsiste si $y(T)$ représente le maximum de $X(t)$ dans l'intervalle $(0, T)$.

[4] Dans les formules (7) et (10), il est entendu que $G(a, b, T, x)$ représente zéro si $x < 0$ et un si $x > 1$. Il faut bien distinguer, pour x, les valeurs $1 - 0$ et $1 + 0$ (et $0 - 0$ et $0 + 0$).

7. Indiquons enfin les formules

(9) $$F(a, T, x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi T}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{(b-a)^2}{2T}} G(a, b, T, x)\, db,$$

(10) $$G(a, c, T, x) = \mathfrak{M}_b \left\{ \int_{0-\varepsilon}^{1+\varepsilon} G\left(b, c, T - t\, \frac{Tx - ty}{T - t}\right) d_y G(a, b, t, y) \right\},$$

t étant fixe entre zéro et T, $\varepsilon > 0$, et $\mathfrak{M}_b$ désignant une moyenne pondérée pour laquelle le poids de chaque intervalle db est

(11) $$e^{-\frac{(b-a)^2}{2t} - \frac{(c-b)^2}{2(T-t)}} db.$$

GÉOMÉTRIE ET TOPOLOGIE. — *Sur la variété des génératrices planes d'une quadrique réelle et sur la topologie du groupe orthogonal à n variables.* Note de M. **Charles Ehresmann**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit P_{2n+1} l'espace projectif à $2n+1$ dimensions dans lequel nous considérons la quadrique Q_{2n} d'équation

$$x_0^2 + x_1^2 + \ldots + x_n^2 - y_0^2 - y_1^2 - \ldots - y_n^2 = 0.$$

Soit P_{n+p+1} le sous-espace projectif défini par les équations

$$y_{p+1} = y_{p+2} = \ldots = y_n = 0.$$

Soit Q_{n+p} l'intersection de Q_{2n} par P_{n+p+1} ; Q_{n+p} sera défini par l'équation

$$x_0^2 + x_1^2 + \ldots + x_n^2 - y_0^2 - y_1^2 - \ldots - y_p^2 = 0.$$

En particulier Q_n sera une quadrique homéomorphe à une sphère Q_n

$$x_0^2 + x_1^2 + \ldots + x_n^2 - y_0^2 = 0.$$

Soit l_0 un point de Q_n et l_1 une tangente orientée passant par l_0. Appelons O_i le point de P_{2n+1} dont toutes les coordonnées sont nulles sauf y_i. Le plan (O_1, l_1) coupe Q_{n+1} suivant deux génératrices g_1 et g_1' passant par l_0. Soit g_1 la génératrice qui pénètre dans l'angle déterminé par la droite orientée l_1 et par la droite $g_0 O_1$ orientée d'une façon déterminée. Nous avons ainsi une correspondance biunivoque et continue entre l'ensemble (l_0, l_1) et la génératrice g_1. Donc

La variété des éléments linéaires orientés de la sphère Q_n *est homéomorphe à la variété des génératrices* g_1 de Q_{n+1}.

Soit l_2 un élément plan orienté tangent à Q_n et contenant l_1. L'ensemble (l_0, l_1, l_2) sera appelé un élément de direction composé. On définit de même un é ément de direction composé $(l_0, l_1, l_2, \ldots, l_p)$, où l_i est un élément plan orienté à i dimensions tangent à Q_n et contenant les éléments l_j pour $j < i$. Par projection centrale de centre O_1, on fait correspondre à l_2 un élément plan orienté l'_2 contenant g_1 et tangent à Q_{n+1}, c'est-à-dire contenu dans la variété polaire de g_1 par rapport à Q_{n+1}. Par projection centrale de centre O_2 on fait correspondre à l'_2 deux génératrices g_2 et g'_2 à deux dimensions de Q_{n+2}. Comme précédemment, une règle simple permet de choisir d'une façon déterminée l'une de ces deux génératrices, soit g_2, de sorte qu'on aura une correspondance biunivoque et continue entre l'élément de direction composé (l_0, l_1, l_2) et la génératrice g_2. Par récurrence on démontre alors facilement le théorème suivant :

La variété $V_{n+1,p+1}$ *des éléments de direction composés* $(l_0, l_1, \ldots, l_p)$ *de la sphère* Q_n *est homéomorphe à la variété des génératrices* g_p *à* p *dimensions de la quadrique* Q_{n+p}.

Soit $\sigma_{n+1,p+1}$ la figure formée de $p+1$ vecteurs orthogonaux deux à deux d'origine o dans l'espace euclidien à $n+1$ dimensions. $V_{n+1,n+1}$ est également homéomorphe à la variété formée par l'ensemble des éléments $\sigma_{n+1,p+1}$. Cette variété a été étudiée au point de vue topologique par M. E. Stiefel (1), et joue un rôle fondamental dans la théorie des p-champs de directions sur une variété différentiable. En particulier $V_{n+1,p+1}$ est la variété du groupe orthogonal à $n+1$ variables.

La variété du groupe orthogonal réel à $n+1$ *variables est homéomorphe à la variété des génératrices* g_n *de la quadrique* Q_{2n}.

La variété des génératrices g_n se compose bien de deux variétés connexes comme la variété du groupe orthogonal. La propriété précédente devient évidente si l'on remarque que la variété plane définie par

$$x_0 = x_1 = \ldots = x_n = 0$$

ne rencontre aucune des génératrices g_n. Par suite les équations de g_n peuvent toujours se mettre sous la forme

$$y_i = \Sigma a_{ik} x_k \qquad (i, k = 0, 1, \ldots, n),$$

et, vérifiant identiquement l'équation de Q_{2n}, définissent bien une transformation orthogonale. *La variété du groupe orthogonal connexe n'est autre que la variété des semi-spineurs simples de composantes homogènes réelles* ξ_0,

(1) *Commentarii Math. Helv.*, 8, IV, 1935-36, p. 305-353.

$\xi_{i_1 i_2}, \ldots, \xi_{i_1 i_2 \ldots i_{2k}}$, où $2k \leqq n+1$. M. E. Cartan ([2]) a montré que c'est une variété algébrique de l'espace projectif de dimension $2^n - 1$ définie par un certain nombre d'équations quadratiques. En particulier la variété du groupe orthogonal connexe à quatre variables est représentée par la quadrique Q_6 elle-même, ce qui montre que la variété simplement connexe qui recouvre deux fois Q_6 est le produit topologique de deux sphères à trois dimensions.

On connaît le polynome de Poincaré de la variété $\overline{V}_{n+1, n+1}$ du groupe orthogonal connexe à $n+1$ variables ([3]). Dans ma Thèse ([4]) j'ai étudié d'une façon élémentaire la topologie de la variété des génératrices g_n de Q_{2n}, c'est-à-dire la topologie de $\overline{V}_{n+1, n+1}$. Les résultats obtenus alors peuvent s'énoncer maintenant de la façon suivante : Considérons dans l'espace euclidien E_{n+1} $n+1$ axes de coordonnées d'origine O et soit E_i la variété plane déterminée par les i premiers axes de coordonnées. Considérons des entiers $a_1, a_2, \ldots, a_k$ tels que $0 < a_1 < a_2 < \ldots < a_k < n+1$ et soit $[0, a_1, a_2, \ldots, a_k]$ l'ensemble des variétés planes à k dimensions passant par O et admettant avec E_{a_i} une intersection à i dimensions au moins. Soit $[[0, a_1, a_2, \ldots, a_k]]$ l'ensemble des rotations autour du point O telles que leurs points fixes forment au moins une variété plane à k dimensions appartenant à l'ensemble $[0, a_1, a_2, \ldots, a_k]$.

Les variétés $[[0, a_1, a_2, \ldots, a_k]]$ découpent la variété $\overline{V}_{n+1, n+1}$ en cellules et forment les cycles de base pour l'homologie modulo 2. Il y a un certain nombre de coefficients de torsion qui sont tous égaux à 2.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation différentielle pour laquelle le point $x = y = 0$ est un foyer.* Note de M. **Louis Dehousse**, présentée par M. Émile Borel.

On sait qu'une équation pour laquelle le point $x = y = 0$ est un foyer d'ordre r, peut se mettre ([1]) sous la forme

$$x \frac{dy}{dx} = -y \left[\frac{p}{q} + x^{pr} y^{qr} A(x, y) \right].$$

([2]) *Leçons sur la théorie des spineurs*, Chap. V et VI, surtout § 123 (Paris, 1938).

([3]) L. Pontjagin, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1277-1280.

([4]) *Ann. of Math.*, 35, 1934, p. 396-443; *Journ. de Math.*, 16, 1937, p. 69-100.

([1]) H. Dulac, *Journ. Éc. Polytechnique*, IIe série, 9e cahier, 1904, p. 26 et 27.

Considérons l'équation

$$x\frac{dy}{dx} = -y\left[\frac{p}{q} + x^{pr}y^{qr}\,\mathrm{A}(y)\right], \tag{1}$$

où l'on a

$$\mathrm{A}(y) = a_0 + a_1 y + \ldots + a_n y^n + \ldots.$$

Elle admet (²) la solution

$$\frac{x^{pr}y^{qr}}{\mathrm{K}(x, y) - x^{pr}y^{qr}\log x^{qra_0}} = \mathrm{C}; \tag{2}$$

$\mathrm{K}(x, y)$ *n'est holomorphe dans le domaine du point* $x = y = 0$ *que dans le seul cas* $\mathrm{A}(y) = a_0$.

Il y a donc lieu d'appliquer au développement de K la théorie des séries sommables de M. Borel. En posant

$$z = a_0\frac{q}{p}x^{pr}y^{qr},$$

on trouve

$$\mathrm{K}(y, z) = 1 + \mathrm{C}_1 z + yz[h_0(y) + h_1(y)z + \ldots + h_n(y)z^n + \ldots].$$

La fonction associée à la série écrite entre crochets

$$\Theta(y, az) = h_0(y) + h_1(y)(az) + \ldots + \frac{h_n(y)}{n!}(az)^n + \ldots$$

est holomorphe lorsque $|y|$ et $|az|$ sont suffisamment petits.

On peut évidemment écrire

$$\Theta(y, az) = \theta_0(az) + y\,\theta_1(az) + \ldots + y^j\theta_j(az) + \ldots.$$

Soit

$$z = \xi + i\eta \qquad (\xi \gtreqless 0).$$

Il existe des fonctions $\omega_{j,l}^{(\lambda)}(|z|)$ telles que l'on ait

$$|\theta_0^{(\lambda)}(az)| < \omega_{0,0}^{(\lambda)},$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$
$$|\theta_j^{(\lambda)}(az)| < \omega_{j,l}^{(\lambda)} + \omega_{j,1}^{(\lambda)}a + \ldots + \omega_{j,j}^{(\lambda)}a^j,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

quel que soit a, réel, non négatif.

(²) H. Dulac, *Bull. Sc. Math.*, 37, 48ᵉ vol., 1913, p. 305.

On peut prendre

$$\omega_{j,l}^{(\lambda)} = A^{(\lambda)} \frac{j(j-1)\ldots(j-l+1)}{(l!)^2} [4k(qr+2)]^j \left[\frac{qr+1}{qr+2} |z|\right]^l,$$

$A^{(\lambda)}$ et k étant des nombres positifs.

Ce résultat permet de montrer que les intégrales

$$\int_0^\infty e^{-a} |\Theta(y, az)| \, da, \qquad \int_0^\infty e^{-a} \left| \frac{d^\lambda \Theta(y, az)}{d(az)^\lambda} \right| da$$

ont un sens, si l'on a

$$(3) \quad \xi \geqq 0, \qquad |y| < \frac{1}{4k(qr+2)}, \qquad |y|\,|z| < \frac{qr+2}{qr+1} [1 - 4k(qr+2)|y|].$$

La formule (2) peut donc encore représenter la solution de l'équation (1). Toutefois, on voit facilement que l'on ne peut faire tendre x vers zéro en même temps que z, si z varie dans le domaine (3).

MÉCANIQUE DES SYSTÈMES DÉFORMABLES. — *Sur le mouvement d'un fil où glisse un petit anneau.* Note (1) de M. **Henri Pailloux**, présentée par M. Jean Chazy.

Soient P le petit anneau de masse non négligeable qui glisse sur le fil inextensible et s, fonction du temps θ, l'abscisse curviligne de P. Soient $\vec{V}_0$, $\vec{V}_1$ les vitesses pour $s-\varepsilon$ et $s+\varepsilon$ à l'instant θ, $\vec{t}_0 \vec{t}_1$ les vecteurs unitaires portés par les demi-tangentes positives en P, ρ la densité en P. Posons $u = -ds/d\theta$.

P décrit une trajectoire où sa vitesse est $\vec{W}$. Soit M le point du fil qui est en M′ sur cette trajectoire à l'instant $\theta + d\theta$, l'anneau étant venu jusqu'à lui. La considération du triangle MPM′ donne la relation (1); la suivante s'obtient de même.

$$(1) \quad \vec{V}_0 = \vec{W} + u\vec{t}_0, \qquad (2) \quad \vec{V}_1 = \vec{W} + u\vec{t}_1,$$

On interprète facilement ces relations à l'aide d'un mouvement d'entraînement de vitesse W; tout se passe comme si le fil roulait en P, immobile,

(1) Séance du 21 novembre 1938.

sur une petite poulie. Le raisonnement a prouvé implicitement que les deux plans $V_0 t_0$ et $V_1 t_1$ contiennent ϖ.

Retranchant membre à membre (1) et (2), on a

$$(3) \qquad \vec{V}_1 - \vec{V}_0 = u(\vec{t}_1 - \vec{t}_0),$$

qui prouve que la variation de vitesse est dirigée suivant la bissectrice intérieure de l'angle du fil.

Passons à l'étude dynamique du problème, qui précisera quelques points de notre Thèse ([2]). Soit PM la portion du fil telle que l'anneau soit en P à l'instant θ et en M à $\theta + d\theta$. Le théorème sur la variation de quantité de mouvement donne

$$\lim - \frac{\rho(\vec{V}_1 - \vec{V}_0)\,\Delta s}{\Delta\theta} = T_1 \vec{t}_1 - T_0 \vec{t}_0 + \vec{R},$$

R étant la réaction de l'anneau. Or $\Delta s/\Delta\theta$ tend vers $-u$; à la limite nous avons

$$(4) \qquad \rho u(\vec{V}_1 - \vec{V}_0) = T_1 \vec{t}_1 - T_0 \vec{t}_0 + \vec{R}.$$

et, en tenant compte de (3),

$$(5) \qquad \vec{R} = \vec{t}_1(\rho u^2 - T_1) - \vec{t}_0(\rho u^2 - T_0).$$

Donc nécessairement la réaction est dans le plan des tangentes au fil. Pour l'anneau nous aurons la relation

$$\vec{F} - m\frac{d\vec{W}}{d\theta} - \vec{R} = 0.$$

Comme cas particulier nous avons celui où le fil présente un point anguleux sans anneau; R est nul et par suite

$$T_1 = T_0 = \rho u^2.$$

Un problème voisin est le suivant : un fil inextensible rebondit sur une surface fixe, c'est-à-dire qu'il ne reste en contact avec la surface qu'en un point où il présente un point anguleux. Dans tous les calculs précédents il suffit de remplacer la réaction de l'anneau par celle de la surface. Il y a seulement lieu de remarquer que la réaction, dans l'un ou l'autre des deux

---

([2]) *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 4e série, 1, 1937, p. 17.

cas considérés, peut se trouver à l'intérieur de l'angle du fil ou à l'extérieur, suivant le signe des quantités $\rho u^2 - T$.

La vitesse de glissement s'obtient facilement par la considération de la petite poulie; c'est

$$\vec{V}_g = \vec{W} + u\vec{\tau}, \tag{6}$$

τ étant le vecteur unitaire du plan tangent situé dans le plan du fil. S'il n'y a pas de frottement, la réaction est normale et le plan $t_0 t_1$ aussi. S'il y a frottement, nous connaissons la direction de la réaction à l'aide de la vitesse de glissement, en supposant applicables les lois habituelles du frottement.

Si $\vec{\nu}$ est le vecteur normal à la surface, comme W est dans le plan tangent, en faisant le produit scalaire des deux membres de (1) par ν, on trouve

$$\vec{V_0}\vec{\nu} = u\vec{t_0}\vec{\nu}. \tag{7}$$

Pour voir de quelle manière le problème est indéterminé, on peut supposer donnés V_0, t_0, ν, T_0, f, les inconnues sont u, V_1, t_1, W, T_1, τ. (7) donne u, (1) donne W, (2) donne V_1. Supposons t_1 choisi arbitrairement, on en déduit τ, puis la vitesse de glissement, d'où, avec le coefficient de frottement, la direction de R. Or, R doit se trouver dans le plan $t_0 t_1$, ce qui ne peut se produire que pour des positions bien déterminées de τ. τ ainsi déterminé, il nous manque l'angle de relèvement de t_1. Ensuite, nous avons à décomposer $\rho u^2 - T_0$ suivant t_1 et la direction de R, d'où $\rho u^2 - T_1$ et R. Seule une loi physique permet d'avoir l'angle de relèvement du fil, qu'il y ait frottement ou non.

Des exemples particuliers peuvent se traiter jusqu'au bout si l'on précise le rebondissement.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Formation d'ascendances thermo-convectives au-dessus d'une région uniformément chauffée par rayonnement.* Note de M. **Gaston Sartory**, présentée par M. Henri Villat.

Les expériences dans lesquelles le rayonnement d'une source lumineuse est utilisé pour provoquer des ascendances thermo-convectives, étant peu nombreuses, nous en avons entrepris une série, que nous développerons à des échelles croissantes, afin de relier les phénomènes observés à l'étude de la turbulence atmosphérique.

La technique que nous avons utilisée est la suivante :

Le rayonnement est fourni par un arc électrique qui projette, sur le fond en bois d'une enceinte noircie intérieurement, entièrement close et munie des dispositifs nécessaires à l'observation, un faisceau lumineux produisant une tache dont on peut faire varier les dimensions à l'aide d'un diaphragme. Dans cette première série d'expériences, cette tache est circulaire et son diamètre varie de 12^{mm} à 130^{mm}.

L'enceinte protectrice est constituée par un coffre cubique en bois de 1^{m} de côté, dont le rôle est de protéger les phénomènes contre les perturbations extérieures.

Les dimensions du fond de cette enceinte sont telles par rapport à celles de la tache illuminée, que les parois peuvent être considérées comme étant situées à l'infini et sans influence sur le phénomène, lorsque cette tache occupe le centre du fond.

La visibilité des courants thermo-convectifs est obtenue à l'aide de fumée de tabac préalablement insufflée au début de chaque expérience.

La puissance utilisée est faible (1,2kW environ), et la source lumineuse est située à 3^{m} du fond de l'enceinte. Le faisceau lumineux traverse en outre une cuve à eau de 30^{mm} d'épaisseur. La température au moment des expériences était $18°,5$.

Dans ces conditions, après une illumination de quelques minutes, on voit s'élever de la plage éclairée, un jet de fumée unique en général, qui, parvenu à une certaine hauteur, s'infléchit, redescend et engendre un mouvement tourbillonnaire.

La figure 1 montre le début de l'évolution d'une telle ascendance dont la hauteur photographiée est 250^{mm} environ.

On remarquera l'apparence de rigidité de sa partie inférieure.

(Cette ascendance s'est développée beaucoup plus haut.)

Au cours d'une autre expérience, le calme à peu près absolu de l'intérieur de l'enceinte nous a permis d'observer l'ascendance que montre la figure 2; elle s'est développée jusqu'à une hauteur de 75^{cm}, puis, a donné naissance à un tourbillon de cette dimension.

La verticalité de cette ascendance est remarquable ainsi que son développement à la façon d'un jet. Ces phénomènes observés sont stables.

La vitesse ascensionnelle de ces ascendances est environ : 30 cm/sec.

Cette première série d'expériences nous a permis de remarquer que :

1° Lorsqu'une région plane dont les dimensions transversales sont sensiblement les mêmes dans toutes les directions, est chauffée par rayonne-

ment, elle donne en général naissance à une ascendance thermo-convective unique, dont le développement en hauteur peut être considérable.

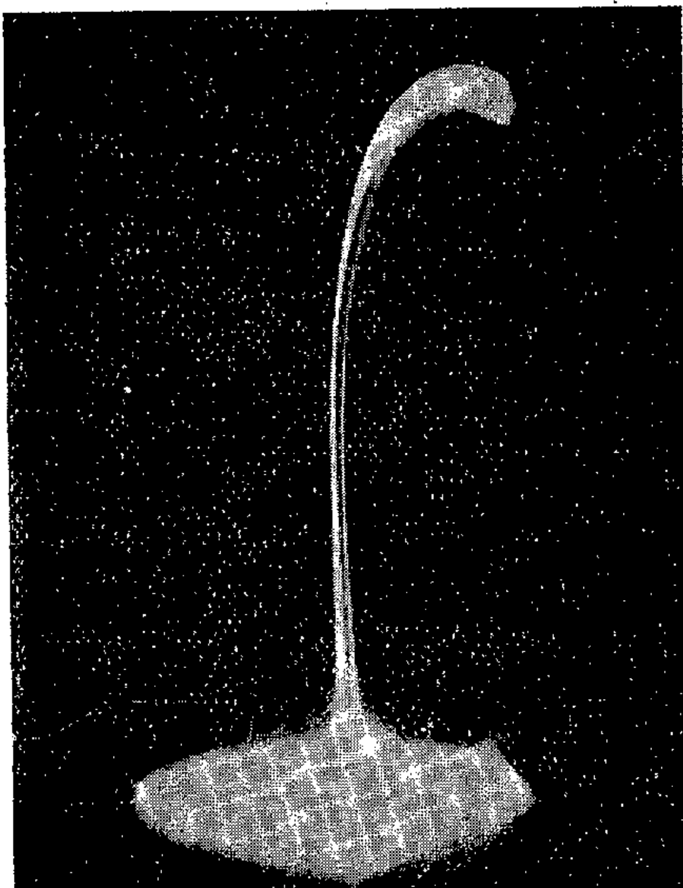


Fig. 1.

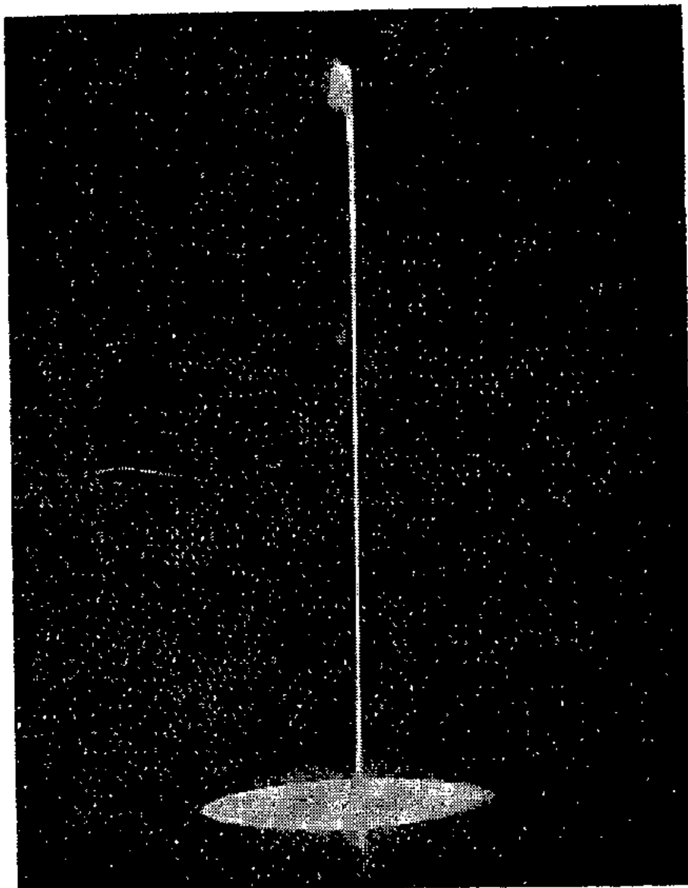


Fig. 2.

2° La surface de la plage chauffée peut varier entre de très larges limites, sans modifier sensiblement le phénomène.

3° Ces ascendances thermo-convectives isolées ne prennent pas rigoureusement naissance au centre géométrique de la surface illuminée, mais toujours au voisinage de ce point.

GÉODÉSIE. — *Caractères des erreurs affectant les nivellements.* Note de M. **Jean Vignal**, présentée par M. E. Fichot.

I. *Hypothèses de M. Lallemand.* — En présence du désaccord existant entre les erreurs des nivellements et les lois de Gauss, M. Lallemand a émis les ingénieuses hypothèses résumées ci-dessous, déjà partiellement entrevues avant lui, mais qu'il a eu le grand mérite de grouper le premier en un ensemble complet, pour en déduire des résultats précis. Ces hypothèses ont servi de base à toutes les formules proposées depuis pour l'évaluation de la précision des nivellements, notamment à celles qui furent admises internationalement, sur son initiative, de 1912 à 1936.

1° Les nivellements sont affectés par *deux catégories* d'erreurs, qui agissent *indépendamment* les unes des autres.

2° Les erreurs de *première catégorie* (appelées *accidentelles* par M. Lallemand) obéissent aux lois de Gauss et sont caractérisées par une erreur probable (accidentelle) par kilomètre e_p, telle que l'erreur probable de première catégorie p_w sur la différence de niveau entre deux repères distants de D, soit $e_p\sqrt{D}$.

3° Les erreurs de *seconde catégorie* (appelées *systématiques* par M. Lallemand) n'obéissent pas aux lois de Gauss. M. Lallemand est conduit à regarder leur influence comme *négligeable*, *sur de petites distances*, devant celle des erreurs de première catégorie. En d'autres termes, si a_w est l'erreur probable de seconde catégorie sur la différence de niveau entre deux repères distants de D, la quantité $a_w/\sqrt{D}$ s'annule avec D.

De plus, M. Lallemand considère que les valeurs de l'erreur de seconde catégorie a_L relevées aux extrémités des tronçons de longueurs L, en lesquels on peut arbitrairement décomposer le réseau, sont au hasard positives ou négatives pour les divers tronçons, même consécutifs. Cela suppose implicitement la longueur moyenne L_m des tronçons supérieure à une certaine *limite* Z, qui doit être en fait, d'après l'aspect des diagrammes bien connus des discordances cumulées, de l'ordre de quelques dizaines de kilomètres.

4° M. Lallemand admet enfin que l'on peut caractériser les erreurs de seconde catégorie par une erreur probable (systématique) par kilomètre s, qui est la valeur probable, pour les divers tronçons, des quantités a_L/L.

Pour lui, la précision d'un nivellement est donc caractérisée par deux coefficients e_p et s; et le second est à ses yeux, comme le premier, indépendant de la longueur moyenne arbitraire L_m des tronçons.

II. *Difficultés d'application des hypothèses de M. Lallemand.* — Les hypothèses précédentes ont marqué en leur temps un progrès capital. Mais la précision sans cesse croissante des nivellements modernes a entraîné peu à peu, dans leur application, de sérieuses difficultés. Les formules déduites de ces hypothèses, soit par M. Lallemand, soit par d'autres géodésiens, conduisent en effet pour le coefficient s à des valeurs *variables* avec la longueur moyenne L_m des tronçons, et qui décroissent lorsque L_m croît.

On peut d'ailleurs établir théoriquement, sur certaines de ces formules, que les valeurs de s données par elles doivent bien varier avec L_m, *dans le sens indiqué.*

III. *Caractère purement accidentel des erreurs de toute catégorie à des dis-*

tances suffisantes. — En s'appuyant sur la troisième hypothèse de M. Lallemand, on démontre aisément que, pour deux repères de distance D supérieure à la limite Z, la valeur probable a_w de l'erreur de seconde catégorie sur leur différence de niveau est proportionnelle à $\sqrt{D}$, de la forme $e_a\sqrt{D}$, e_a étant une constante.

Ainsi, sur des distances suffisantes, les erreurs de seconde catégorie ont, comme celles de première catégorie, une influence purement accidentelle. C'est pourquoi nous croyons préférable de renoncer à les désigner, comme faisait M. Lallemand, sous le nom d'*erreurs systématiques.* Et le mot *accidentel* ne suffisant plus à distinguer les unes des autres les deux catégories d'erreurs pourrait, selon nous, disparaître du langage courant.

IV. *Erreurs pantophanes et apophanes.* — Cependant la distinction fondamentale, mise en lumière par M. Lallemand, subsiste entre les deux catégories d'erreurs. Afin de les différencier, nous suggérons respectivement, pour les erreurs de première et de seconde catégorie, les noms d'*erreurs pantophanes* et d'*erreurs apophanes* (πάντῃ, partout; ἀπό, au loin; et φαίνομαι, paraître).

V. *Hypothèses nouvelles sur les erreurs affectant les nivellements.* — Nous proposons de ne conserver que les trois premières hypothèses de M. Lallemand, à l'exclusion de la quatrième.

Les erreurs de première catégorie (pantophanes) continueraient à être caractérisées par une erreur probable (pantophane) par kilomètre, qui serait toujours le coefficient e_p défini ci-dessus (§ I, 2°).

Les erreurs de seconde catégorie (apophanes) se trouveraient caractérisées non plus par le coefficient s, mais par une erreur probable (apophane) par kilomètre, qui serait le coefficient e_a, défini ci-dessus (§ III) pour $D > Z$.

Pour $D < Z$, le rapport $a_w/\sqrt{D}$ décroît, d'après les hypothèses conservées, de la valeur e_a à zéro, quand la distance D décroît de la limite Z à zéro. Introduisant une légère précision supplémentaire, nous supposerions cette décroissance *régulière.*

VI. *Représentation par un nombre unique de la précision globale d'une méthode de nivellement.* — Les hypothèses ainsi modifiées ont l'avantage de permettre de caractériser la précision globale d'une méthode de nivellement par un coefficient unique, l'*erreur probable totale par kilomètre* e_t, donné par la relation $e_t^2 = e_p^2 + e_a^2$.

On trouvera dans un autre Recueil des détails sur les considérations précédentes, ainsi que sur les relations entre le coefficient e_a et les deux

expressions précises, et d'ailleurs différentes, adoptées par M. Lallemand pour le coefficient s.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Un théorème sur la structure du proton et du neutron.* Note (1) de M. **Guido Beck**, présentée par M. Louis de Broglie.

La fonction de Hamilton d'une particule nucléaire en interaction avec un champ d'électrons lourds peut être écrite

$$H = H_0 + \sqrt{4\pi} c A \sum_{\kappa} \sqrt{\frac{h^2}{8\pi^2 w_k}} (\rho_k + \sigma_k) + \sum_k w_k (a_k a_k^* + b_k b_k^*), \tag{1}$$

H_0 est l'énergie cinétique de la particule, w_k l'énergie d'un électron lourd de vecteur d'onde $\vec{k}$; a_k, b_k sont des opérateurs satisfaisant aux relations

$$a_k^* a_k - a_k a_k^* = 1, \qquad b_k^* b_k - b_k b_k^* = 1. \tag{2}$$

Les nombres d'électrons lourds positifs et négatifs correspondant à $\vec{k}$ sont

$$N_k^+ = a_k a_k^*, \qquad N_k^- = b_k b_k^*,$$

et

$$E = \sum_k (N_k^+ - N_k^-) \tag{3}$$

représente la charge totale du champ. Les $N_k^\pm$ ont les valeurs propres o, 1, 2, ..., et il est facile de montrer que $N_k^\pm$ et E sont des intégrales du mouvement en l'absence de la particule nucléaire.

Les matrices ρ_k, σ_k, τ sont définies par

$$\rho_k = \begin{pmatrix} 0 & a_k f_k \\ a_k^* f_k^* & 0 \end{pmatrix}, \qquad \sigma_k = \begin{pmatrix} 0 & b_k^* f_k^* \\ b_k f_k & 0 \end{pmatrix}, \qquad \tau = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \tag{4}$$

f_k dépend du choix de l'énergie d'interaction.

Dans le cas le plus simple $f_k = e^{i\vec{k}\vec{r}}/L^{\frac{3}{2}}$. Cependant nos conclusions seront indépendantes du choix de f_k.

Nous en déduisons les relations

$$\begin{cases} \tau\rho_k + \rho_k\tau = 0, & \tau\sigma_k + \sigma_k\tau = 0, \\ \rho_k N_k^+ - N_k^+\rho_k = \tau\rho_k, & \sigma_k N_k^- - N_k^-\sigma_k = \tau\sigma_k, \end{cases} \tag{5}$$

(1) Séance du 23 janvier 1939.

et nous obtenons, en tenant compte de (1), (3) et (4),

$$(6)\quad \begin{cases} HE - EH = \sqrt{4\pi c}\,A\sum_k \sqrt{\dfrac{h^2}{8\pi^2 w_k}}\,\tau(\rho_k+\sigma_k), \\ \dfrac{1}{2}(H\tau - \tau H) = -\sqrt{4\pi c}\,A\sum_k \sqrt{\dfrac{h^2}{8\pi^2 w_k}}\,\tau(\rho_k+\sigma_k), \end{cases}$$

ou bien

$$(7)\quad H\left(E+\frac{1}{2}\tau\right)-\left(E+\frac{1}{2}\tau\right)H=0.$$

Par conséquent, bien que E ne soit pas une intégrale de (1), la somme

$$(8)\quad E+\frac{1}{2}\tau=\mp\frac{1}{2},\quad \mp\frac{3}{2},\quad \mp\frac{5}{2},\quad \ldots$$

est une constante du mouvement.

D'après (8), la charge du champ propre d'une particule nucléaire est $1/2\tau e = \mp 1/2 e$. Une particule nucléaire peut donc être considérée comme une particule de charge $+1/2e$, entourée d'un champ propre chargé, susceptible de deux états, $-1/2e$ et $+1/2e$. Le premier état correspond évidemment au neutron, tandis que le second représente le proton.

Ce résultat rigoureux est identique à une conclusion obtenue précédemment par des considérations élémentaires (²). Il se rapporte au champ d'une seule particule, tandis que la charge du champ de plusieurs particules n'est plus rigoureusement une constante.

MAGNÉTISME. — *Un phénomène de propagation d'onde dans une file d'aimants. Application au ferromagnétisme.* Note (¹) de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

Envisageons une file de petits aimants identiques ..... $S_{n-1}N_{n-1}$, S_nN_n, $S_{n+1}N_{n+1}$, ... disposés comme l'indique la figure et supposons-les mobiles, dans le plan de celle-ci, autour de leurs centres de symétrie. Nous désignerons par $2l$ la longueur de chacun d'eux et par d la distance de deux centres consécutifs.

(²) *Nature*, **141**, 1938, p. 609.

(¹) Séance du 23 janvier 1939.

Supposons que nous imprimions un certain mouvement périodique à l'élément qui se trouve à une des extrémités de la file : cherchons les conditions de propagation de cet ébranlement dans toute la rangée en supposant que les actions magnétiques de Coulomb ne s'exercent qu'entre les pôles immédiatement voisins.

Nous désignerons par $\pm m$ les masses magnétiques des pôles, par α_{n-1}, α_n, α_{n+1}, ... les angles supposés petits que font les aimants déplacés à partir de leurs positions d'équilibre, par I le moment d'inertie de l'un quelconque des aimants par rapport à l'axe d'oscillation. L'équation du mouvement du $n^{\text{ième}}$ aimant est

$$I\ddot{\alpha}_n = -\frac{m^2}{K}\left[l^2(\alpha_{n-1} + 2\alpha_n + \alpha_{n+1}) + 2l(d-2l)\alpha_n\right]$$

avec $K = (d-2l)^3$.

Supposons que les écarts α_n soient représentés par une formule générale correspondant à une propagation d'onde

$$\alpha_n = A e^{2\pi i(\nu t - and)},$$

ν étant la fréquence, a l'inverse de la longueur d'onde et n un entier; nous obtenons pour la fréquence

$$\nu^2 = \frac{m^2 l}{2\pi^2 IK}\left[d - 2l\sin^2\pi a d\right],$$

d étant supérieur à $2l$, la valeur de la fréquence sera toujours réelle.

On peut tracer la courbe représentant les variations de ν en fonction de $\pi a d$ ou de $1/\lambda$, on obtient la courbe figurée. On constate que la fréquence ν est toujours comprise entre deux limites ν_0 et ν_1; on est en présence d'un filtre *passe bande*, et l'on a

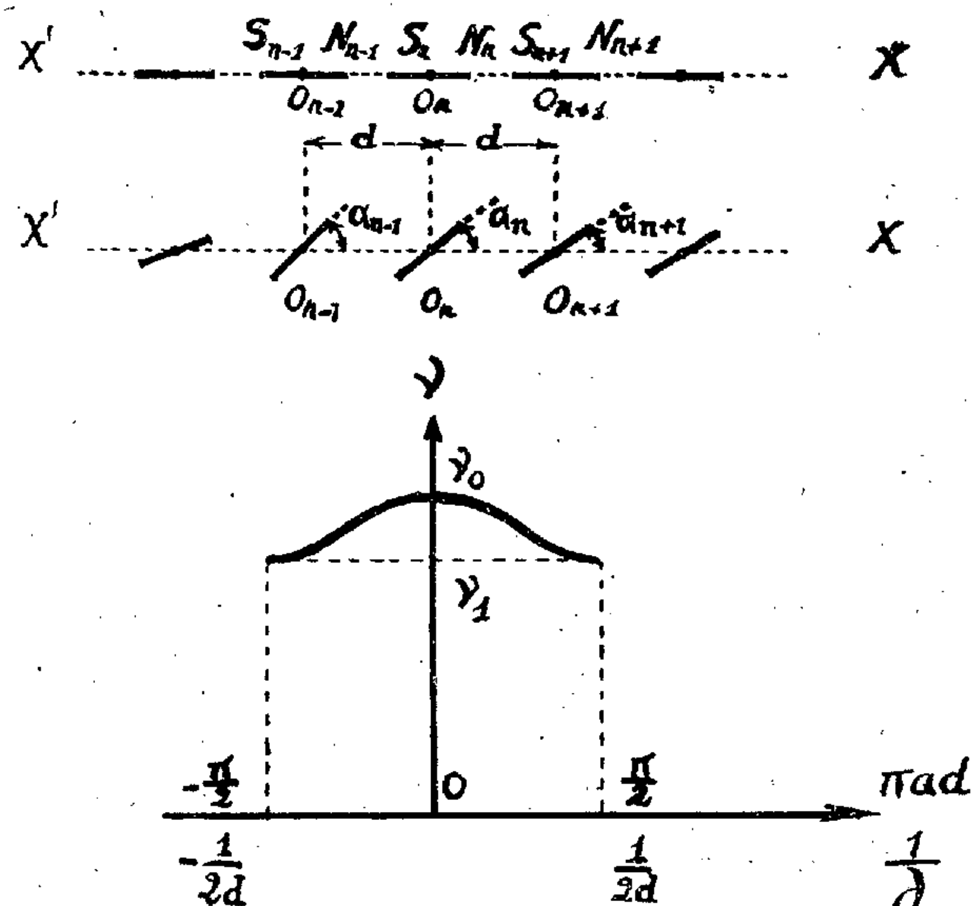
$$\nu_0 = \frac{m}{\pi}\sqrt{\frac{ld}{2KI}}, \qquad \nu_1 = \frac{m}{\pi}\sqrt{\frac{l(d-2l)}{2KI}}.$$

Pour la fréquence ν_0, nous pouvons remarquer que, dans leurs mouvements, les aimants élémentaires resteront parallèles.

Remarque. — Si l'on suppose la présence d'un champ magnétique H parallèle à la direction X'X, les conclusions précédentes se retrouvent; seules les valeurs des fréquences limites se trouvent changées.

Application au ferromagnétisme. — Au-dessous du point de Curie, nous pouvons admettre que les divers aimants élémentaires qui se trouvent

répartis dans un cristal ferromagnétique tendent à devenir parallèles entre eux à mesure que la température se rapproche du zéro absolu. Au voisinage de ce point on se trouve donc dans les conditions de l'étude précédente. Considérons alors un volume cristallin comportant N atomes (c'est-à-dire N aimants élémentaires); en nous plaçant dans le cas où il n'y a pas de



champ extérieur, calculons l'énergie d'aimantation spontanée aux très basses températures.

Pour plus de simplicité, nous supposerons, comme on le fait dans la théorie des chaleurs spécifiques du corps solide, que les limites ν_0 et ν_1 sont très voisines (ce qui revient à supposer $2\,l$ très petit devant d) et nous remplacerons la courbe précédemment tracée par une parallèle à l'axe des abscisses d'ordonnée à l'origine ν_0.

L'énergie est

$$U(T) = 3N\left[\frac{h\nu_0}{e^{\frac{h\nu_0}{kT}} - 1} + \frac{h\nu_0}{2}\right]$$

et la chaleur spécifique d'aimantation spontanée

$$c = 3Nk\frac{e^{\frac{h\nu_0}{kT}}\left(\frac{h\nu_0}{kT}\right)^2}{\left[e^{\frac{h\nu_0}{kT}} - 1\right]^2}.$$

Cette expression conduit à une variation de c en fonction de la tempé-

rature conforme aux faits expérimentaux ; elle est d'autre part à rapprocher de celle obtenue par Ising (²) dans sa théorie du ferromagnétisme.

SPECTROSCOPIE. — *Extension du spectre du tellure dans l'ultraviolet extrême.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch.**

Nous avons repris l'étude du spectre du tellure obtenu par décharge oscillante dans un tube sans électrode. Nous employons un spectrographe à réseau tangent de 2^m de rayon sous une incidence de 4° environ, donnant au voisinage de 200 Å une dispersion de 1,5 Å/mm. Les plaques utilisées sont des plaques Q Ilford. Dans la région comprise entre 232 et 110 Å, nous avons obtenu 80 raies nouvelles et remesuré avec précision 30 raies dont les longueurs d'onde n'avaient été calculées que par extrapolation dans nos listes antérieures (¹). Le Tableau suivant contient les longueurs d'onde corrigées de ces raies ainsi que celles des raies nouvelles.

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
6...	232,37	0...	209,61	2...	200,31	00..	170,29	4...	140,99
1...	229,12	3...	208,81	2...	199,71	00..	170,08	00..	140,07
0...	228,65	00..	208,47	1...	198,81	0...	168,29	00..	139,61
6...	227,86	0 d.	208,00	1...	198,30	1...	167,50	2...	137,27
00..	227,15	00..	207,25	1...	198,20	0...	165,27	0...	135,43
0...	225,73	00..	207,16	1...	197,80	00..	164,81	0...	133,61
0?..	224,97	2...	206,53	1...	196,26	00..	163,75	00..	133,07
0 td.	222,57	0...	206,26	2...	193,58	00..	162,33	0...	132,83
00..	221,91	2...	205,83	0...	190,01	00..	162,09	0...	132,56
00..	219,91	2...	205,66	0...	187,77	0...	161,08	3...	129,49
1...	218,85	2...	205,47	0...	187,25	00..	160,80	0...	129,36
0...	218,76	3...	204,90	2...	187,15	1...	159,19	0...	125,54
1...	218,66	2...	204,45	3...	181,80	0...	158,92	0...	121,03
0...	217,60	2...	204,35	0...	181,55	0...	158,77	2...	118,51
0...	217,55	3...	203,80	0...	180,82	4...	154,10	1...	115,62
00..	214,96	2...	203,27	0...	179,47	0...	152,78	1...	115,18
0...	214,76	2...	202,83	00..	179,33	00..	147,40	1...	114,97
00..	213,57	1...	202,72	0...	176,70	2...	146,62	0...	114,07
0...	213,10	3...	202,20	0...	174,62	2...	144,94	00..	113,93
1...	212,86	2...	202,02	3...	174,50	1...	142,49	1...	112,45
1...	212,69	2...	201,92	00..	173,41	2...	141,92	0...	110,10
1...	212,53	0...	201,18	2...	172,65				

(²) F. Bitter, *Introduction to Ferromagnetism*, New-York and London, 1937, p. 143.

(¹) Voir L. et E. Bloch, *J. d. Phys. et le Radium*, 6, 1935, p. 441.

OPTIQUE. — *Sur la théorie du photodichroïsme.*
Note de M. **Georges Ungar**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai établi ([1]) une relation représentant le photodichroïsme [effet Weigert des couches colorées en fonction de l'insolation ([2])]. Comme je l'ai souligné ([3]), cette relation ne s'applique qu'aux couches faiblement colorées (l'approximation n'est admissible que pour une extinction de la couche non insolée moindre que 0,2).

J'ai donc essayé d'obtenir une formule générale pour le photodichroïsme, en employant comme équation différentielle pour le processus de décoloration, au lieu de la formule approximative

$$dN/dt = -iE, \qquad \ldots (a),$$

l'équation précise

$$dN/dt = -i(1-e^{-E}) \text{ ([3])}, \ldots (b),$$

où N représente le nombre de molécules du colorant par centimètre carré, i l'intensité de la lumière incidente (nombre de quanta par centimètre carré et sec.) et E l'extinction de la couche.

Si l'on substitue, dans la dérivation développée précédemment ([4]), l'équation (b) à l'équation (a), il est impossible de représenter le photodichroïsme en employant seulement des fonctions connues.

Le développement en série ne fournit pas non plus un résultat satisfaisant, la convergence de cette série se faisant très mal. Je ne considère donc ici que les premiers termes de la série.

Soient E_1 et E_2 les extinctions de la couche insolée pour la lumière polarisée rectilignement, vibrant respectivement dans une direction parallèle à la lumière excitatrice et à angle droit de cette direction ([5]), E_0 l'extinction

---

([1]) *Zeitschr. physik. Chem.*, B, 38, 1938, p. 427.

([2]) La même relation était dérivée un peu plus tard par S. Nikitine (*Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1219; 207, 1939, p. 331). Dans une Note précédente (*Comptes rendus*, 204, 1937, p. 973) Nikitine a déjà publié une formule approximative pour une insolation faible.

([3]) Par cette formule P. Lasareff (*Zeitschr. f. physik. Chem.*, 98, 1921, p. 94) a représenté la vitesse du pâlissement des colorants et l'a trouvée d'accord avec l'expérience. Pour l'intégration de la formule (b) cf. Plotnikow, *Allgemeine Photochemie*, Berlin-Leipzig, 1936, p. 334.

([4]) *Loc. cit.*, p. 433-436, équations (7)-(18).

([5]) Nikitine emploie les signes K_x et K_y.

de la couche non insolée et N_0 le nombre de molécules du colorant par centimètre carré de cette couche; soient, d'autre part, $\mathcal{J} = it$ l'insolation, ε_1 et ε_2 les coefficients moléculaires d'absorption pour la lumière ordinaire et extraordinaire, $\bar{\varepsilon} = (\varepsilon_1 + 2\varepsilon_2/3) = E_0/N_0$ le coefficient moyen d'absorption moléculaire.

Le photodichroïsme φ peut être représenté en fonction de l'extinction initiale par la série

$$\varphi = \frac{E_1 - E_2}{E_0} = -2\frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)_0}{\bar{\varepsilon}}\mathcal{J}\left\{\frac{1}{3.5} - \left[\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{5.7} + \frac{\varepsilon_2}{3.5}\right]\left(\mathcal{J} + \frac{N_0}{2}\right) + \frac{1}{2}\left[\frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2}{7\cdot 9} + \frac{2(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)\varepsilon_2}{5.7} + \frac{\varepsilon_2^2}{3.5}\right] \times \left(\mathcal{J}^2 + \frac{9}{4}\mathcal{J}N_0 + \frac{N_0^2}{4}\right) - \ldots\right\}.$$

Pour la détermination des courbes du photodichroïsme, j'ai calculé numériquement les intégrales pour de nombreuses valeurs de E_0 et de $\mathcal{J}$. D'un nombre considérable de courbes, j'ai pu déduire les relations générales nécessaires à l'interprétation des expériences. Quand l'extinction initiale croît, le maximum des courbes du photodichroïsme se déplace vers des valeurs plus hautes de l'insolation. Si E_0 est plus grand que 1, le maximum (φ_{max}) se trouve à peu près pour $\mathcal{J} = N_0$; la hauteur du maximum dépend moins fortement de E_0. Le tableau suivant nous montre φ_{max} pour des valeurs différentes de l'extinction initiale E_0 et du facteur d'anisotropie moléculaire $\vartheta = (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)/\bar{\varepsilon}$ (6).

		$E_0 = 0,2$.	$E_0 = 2,0$.	$E_0 = 4,0$.
φ_{max}	$\vartheta = 3$	0,435	0,395	0,340
	$\vartheta = 2$	0,185	0,140	0,090
	$\vartheta = 1$	0,045	0,034	0,017

Dans le domaine considéré, φ_{max} diminue linéairement quand E_0 croît. Enfin, il faut encore souligner que la validité de la formule approximative pour les faibles insolations $\varphi = -2\vartheta^e\bar{\varepsilon}\mathcal{J}/15$ est restreinte, quand E_0 croît, à des valeurs de plus en plus faibles de l'insolation : pour $E_0 = 0,2$ cette équation donne encore une bonne approximation pour $\mathcal{J} = N_0$, pour $E_0 = 2$ elle n'est déjà plus applicable pour $\mathcal{J} = N_0/50$.

(6) Nikitine caractérise l'anisotropie de la molécule par la quantité $\varepsilon = \varepsilon_2/\varepsilon_1$. Entre ε et ϑ on a la relation $\vartheta = 3(1 - \varepsilon)/(1 + 2\varepsilon)$.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Émission probable de mésotons dans certaines catastrophes nucléaires*. Note de M. **Maurice E. Nahmias**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans un travail antérieur [1], où je m'étais proposé de mettre en évidence l'ionisation possible due aux neutrinos, j'avais signalé qu'une forte source de radium convenablement protégée par du plomb émet une radiation très pénétrante ayant un coefficient d'absorption de l'ordre de 0,03 cm^{-1} dans le plomb, et en très faible proportion : une particule ou quantum (?) pour 10^{12} rayons β, en supposant l'efficacité du compteur Geiger-Muller, pour cette radiation pénétrante, du même ordre de grandeur que celle des β. Je soulignais alors que cette radiation ne pouvait pas être due à des neutrons de la source de radium. En effet, pour être responsable de cet effet, par radioactivité provoquée dans les parois du compteur et par les rayons γ et les électrons secondaires arrachés au plomb entourant le compteur, la source aurait dû être intimement mélangée à du béryllium. Admettre, d'autre part, que les neutrinos peuvent avoir un tel coefficient d'absorption serait en contradiction avec le nombre si petit de coups enregistrés au compteur, par comparaison avec le nombre très grand de neutrinos émis par la source. J'indiquais finalement que ce reste de courbe d'absorption était analogue à celui que présentait le rayonnement pénétrant de la radiation cosmique et j'envisageais alors (1934) l'improbabilité de l'émission d'une telle radiation par le radium.

Depuis cette époque Yukawa [2] a émis l'hypothèse de l'existence du mésoton, particule de charge élémentaire positive ou négative de masse environ 200 fois celle de l'électron au repos. Cette particule permet d'expliquer l'interaction proton-neutron et les grands moments magnétiques trouvés pour ces éléments constitutifs des noyaux. La découverte des mésotons dans la radiation cosmique a apporté une confirmation à la théorie de Yukawa. En outre, la désintégration du mésoton libre en un électron (positif ou négatif) et un neutrino avec une vie moyenne (en temps propre) de l'ordre de 10^{-5} seconde, également prévue par Yukawa, a servi à expliquer aussi le phénomène qu'on a convenu d'appeler le paradoxe de Heisen-

---

(1) *Proc. Phys. Math. Soc. Jap.*, 17, 1935, p. 48 et suivantes.

(2) Paul Ehrenfest et Fréon, *Journ. de Phys.*, 9, 1938, p. 529.

berg ([3]) dans l'étude de la composante pénétrante du rayonnement cosmique.

En considérant donc le problème sous ce nouvel angle j'émets l'hypothèse que les particules pénétrantes que j'ai observées dans les expériences précitées seraient des mésotons (ou des protons animés de vitesses telles qu'il est pratiquement impossible de les différencier des mésotons).

Il faut donc supposer que dans certaines catastrophes nucléaires l'énergie disponible serait de l'ordre de 100 MeV. Ces catastrophes rares, mais observables, seraient dues soit à une cause aussi inconnue que celle de la radioactivité naturelle, et je les appellerais alors *catastrophes nucléaires spontanées*, ou elles seraient provoquées par les neutrons ([4]) émis en faible quantité par toute source de radium. En effet le bombardement des parois de verre de la source par les rayons α cause l'émission d'une faible quantité de neutrons. On trouve qu'une source de radon émet environ 2000 neutrons par minute et par millicurie. J'évalue à 10^6 le nombre de neutrons émis par minute par ma source de 5 grammes de radium. Ces neutrons sont d'ailleurs dans des conditions idéales pour bombarder les atomes de radium et provoquer ces catastrophes nucléaires. De celles-ci résulterait le scindement de l'atome en deux ou plusieurs atomes plus légers, stables ou radioactifs (certaines isoméries seraient peut-être à revoir) avec dans certains cas libération d'un mésoton (ou émission d'un proton de très grande énergie).

Il est donc à présumer que du sel de radium intimement mélangé à du béryllium doit émettre un plus grand nombre de mésotons qu'une ampoule ordinaire de radium. Des expériences vont être faites, mais un résultat négatif dans ce sens laisserait intacte la première hypothèse de *catastrophe nucléaire spontanée*. Celle-ci serait alors à prouver par l'observation à la chambre Wilson, par exemple, de milliers de clichés de reculs lors de désintégrations radioactives d'éléments situés dans les dernières cases de la classification.

Les expériences sur les mésotons cosmiques ayant prouvé que leur vie moyenne et leur masse sont de l'ordre de grandeur de celles prévues par Yukawa, et ces mêmes expériences assignant aux mésotons un coefficient d'absorption qui est de l'ordre de celui que j'ai trouvé dans mon travail précité, la confirmation de l'hypothèse que je propose apporterait aussi un nouvel appui aux vues de Yukawa sur l'existence et l'influence du mésoton dans les phénomènes nucléaires.

([3]) *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 31, 1935, p. 99.

([4]) Voir ci-après, p. 341, la Note de M. Frédéric Joliot.

CHIMIE NUCLÉAIRE. — *Preuve expérimentale de la rupture explosive des noyaux d'uranium et de thorium sous l'action des neutrons.* Note de M. **Frédéric Joliot**, présentée par M. Jean Perrin.

L'étude de nombreux radioéléments artificiels formés dans U et Th sous l'action des neutrons donne lieu à des difficultés d'interprétation considérables, si l'on admet que leur formation s'effectue suivant les processus connus pour les noyaux plus légers. D'abord le grand nombre des isoméries qu'il est nécessaire d'invoquer est difficile à admettre du point de vue théorique. Puis les propriétés chimiques de certains de ces radioéléments ne correspondent pas à celles des atomes voisins. En particulier, I. Curie et P. Savitch ([1]) ont très nettement montré qu'il se forme dans U un radioélément de propriétés chimiques semblables à celles d'une terre rare qui ne peut être confondue avec l'actinium. O. Hahn et F. Strassmann ([2]) ont mis en évidence des radioéléments dont les propriétés chimiques sont analogues à celle des alcalino-terreux, sans toutefois être des isotopes du radium. Ces auteurs, tout en persistant à envisager les réactions nucléaires correspondantes suivant des types de filiation dans lesquels entrent des isotopes du radium et de l'actinium, ont cependant envisagé, sans la retenir, l'éventualité d'une rupture en gros noyaux du noyau d'uranium sous l'action des neutrons.

Ayant eu l'occasion ([3]), au cours d'observations, par la méthode Wilson, des désintégrations individuelles d'atomes radioactifs, d'envisager un processus rare de ce genre, sans toutefois pouvoir en donner la preuve, j'ai pensé qu'il était possible, si ce phénomène existe, de le mettre en évidence par une méthode simple. Le principe de cette méthode s'appuie sur les considérations suivantes. La partition du noyau U sous l'action d'un neutron en éléments plus légers est possible énergétiquement, comme le montre la courbe des défauts de masse. La bipartition en éléments de nombres de charge voisins de 50 correspond à une libération de 100 à 150 MeV. Sans insister sur le mécanisme de la division on peut montrer théoriquement qu'elle est possible. Je suppose que le grand excès de neutrons des noyaux formés tend à devenir normal par radioactivités β successives pouvant donner des séries de filiations radioactives. Il se peut

---

([1]) *Journ. de Phys.*, 9, 1938, p. 355.
([2]) *Naturwiss.*, 27, 1939, p. 11.
([3]) *Journ. de Phys.*, 5, 1934, p. 219.

cependant qu'un petit nombre de neutrons s'évapore en premier lieu. Parmi les corps formés dans ces familles on doit trouver, d'après les résultats expérimentaux, des éléments alcalino-terreux et des terres rares. On peut, par exemple, faire l'hypothèse de la bipartition de 239 U en 141 Cs et 98 Rb.

141 Cs se transformerait successivement en Ba, La, Ce, par quatre radioactivités β pour arriver au terme stable 141 Pr, tandis que 98 Rb donnerait Sr, Y, Zr, Nb, 98 Mo stable par cinq radioactivités β. On peut estimer l'ordre de grandeur de l'énergie de recul des atomes Cs et Rb (il n'y aura pas de grande différence pour une bipartition voisine), si l'on admet que ces rayons se partagent l'énergie d'explosion diminuée d'environ 30 à 40 MeV correspondant aux émissions β et γ. Les énergies cinétiques des atomes projetés seront respectivement de l'ordre de 25 à 35 MeV (charge 3e), suffisantes pour qu'une partie de ces rayons traverse une couche mince d'urane et effectue un parcours de plusieurs centimètres dans l'air. On pouvait espérer recueillir ces atomes sur un support et suivre leur évolution radioactive démontrant ainsi la réalité du processus de partition.

J'ai réalisé l'expérience de la façon suivante : on place une source de 700 *mc* (Rn + Be) à l'intérieur d'un cylindre de laiton de 20^{mm} de diamètre de 5^{cm} de hauteur, peint extérieurement d'une couche d'oxyde d'urane. A 3^{mm} de la surface d'urane on place un cylindre concentrique de bakélite. On s'assure que la bakélite ne s'active sensiblement pas sous l'action des neutrons en l'absence d'urane et qu'il en est de même en l'absence de la source de neutrons en présence d'urane. *En présence de l'urane et de la source on constate que la surface intérieure du cylindre de bakélite reçoit un mélange complexe d'atomes radioactifs dont l'évolution au cours du temps, suivie par la méthode du compteur, est analogue à celle des radio-éléments artificiels formés dans l'urane.* L'effet paraffine est voisin de 2, conformément à ce qui a déjà été observé. En interposant des écrans cylindriques minces entre l'urane et la bakélite on trouve que le parcours des rayons atomiques projetés est de l'ordre de 3^{cm} dans l'air. Des activations de longue durée augmentent l'importance des périodes longues.

L'expérience montre un phénomène analogue dans le cas du Th. L'évolution de la substance projetée est complexe, on trouve un ensemble de périodes courtes et une période d'environ 4 heures. I. Curie et P. Savitch [1]

[1] Voir ci-contre, p. 343, la Note de Mme Irène Curie et M. Paul Savitch.

ont très récemment montré que dans le cas de Th il se forme un radioélément de période 3,5 h. dont les propriétés chimiques sont analogues à celles d'une terre rare très différente de Ac, ce qui est en accord avec le phénomène de rupture que j'ai mis en évidence. La couche d'urane de laquelle les rayons atomiques peuvent sortir est de l'ordre de 10 microns et la section efficace de production des radioéléments est trouvée de l'ordre de 10^{-25} cm^2 en accord avec la valeur connue. On peut rappeler que pour projeter des atomes de masse voisine de 100 avec une énergie cinétique voisine de 10 MeV (valeur correspondant à un parcours d'environ 3^{cm} avec une charge atomique 1 ou 2) par choc ou par recul de neutrons, il faudrait que ceux-ci possèdent une énergie cinétique de l'ordre de 250 millions de volts, ce qui élimine l'hypothèse d'un tel mécanisme de projection. Cette méthode constitue un procédé physique simple de séparation des radioéléments artificiels formés dans l'urane ou le thorium. Il est très probable que ce phénomène doit se produire avec d'autres éléments (le Pb ne donne pas ce phénomène) sous l'action des neutrons ou d'autres rayonnements, en particulier des photons et que divers types de ruptures d'un même noyau sont possibles.

En définitive l'ensemble de ces résultats montre que les radioéléments formés dans l'U et Th, que les chimistes sont obligés d'identifier avec des atomes comme ceux de Ba ou des terres rares, proviennent de ruptures très exoénergétiques des noyaux d'U et Th sous l'action des neutrons.

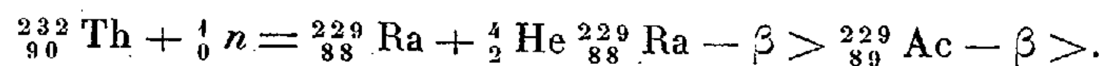
CHIMIE NUCLÉAIRE. — *Sur les radioéléments formés dans l'uranium et le thorium irradiés par les neutrons.* Note de Mme **Irène Curie** et M. **Paul Savitch**, présentée par M. Jean Perrin.

L'étude de ces radioéléments se présente d'une manière particulièrement compliquée en raison du très grand nombre de corps obtenus. Il existe d'abord un isotope de l'uranium et un isotope du thorium formés respectivement par capture des neutrons lents dans ces deux éléments. Dans le cas de l'uranium, Hahn, Meitner et Strassmann [1] ont observé toute une série de corps de propriétés chimiques analogues à celles des corps du groupe du platine, qu'ils ont classés comme homologues supérieurs de Re, Os, Ir, Pt, avec les nombres atomiques 93, 94, 95, 96, dérivant par émission β

---

(1) *Ber. Chem. Gesell.*, 70, 1937, p. 1374.

successives d'isotopes à vie courte de l'uranium. Dans le cas du thorium, on a observé des radioéléments ayant respectivement les propriétés des alcalino-terreux et des terres rares, que l'on a interprétés comme isotopes du radium et de l'actinium produits par capture du neutron et départ d'une particule α, selon le schéma ([2]), ([3]), ([4])



$$^{232}_{90}\mathrm{Th} + ^{1}_{0}n = ^{229}_{88}\mathrm{Ra} + ^{4}_{2}\mathrm{He}\ ^{229}_{88}\mathrm{Ra} - \beta > ^{229}_{89}\mathrm{Ac} - \beta >.$$

Tous ces résultats rencontraient certaines difficultés d'interprétation en raison du grand nombre d'isoméries doubles ou triples que l'on était amené à admettre. Les conditions de formation des corps transuraniens sont aussi très particulières, se faisant par action des neutrons lents et des neutrons rapides à peu près également, ce qui s'expliquait difficilement.

Mais une difficulté bien plus grande s'est présentée quand nous avons prouvé ([5]) qu'il se forme dans l'uranium irradié un radioélément *ayant des propriétés chimiques tout à fait semblables à celles du lanthane et qui n'était pas un isotope de l'actinium.* Ce corps est produit par les neutrons lents et par les neutrons rapides dans les mêmes conditions anormales que les éléments transuraniens. Nous avons donc pensé que son mode de formation devait être analogue et nous avons suggéré qu'il pouvait s'agir d'un corps transuranien de propriétés tout à fait différentes; nous n'avons pu cependant offrir aucune suggestion vraiment satisfaisante sur le nombre atomique possible de ce corps.

Dans des travaux tout récents Hahn et Strassmann ont confirmé la formation dans l'uranium de radioéléments semblables aux terres rares et ils ont signalé de plus la formation de corps alcalino-terreux plus analogues au baryum qu'au radium ([6]); ils ont mentionné aussi qu'en étudiant les corps *transuraniens*, ils les ont reconnus différents des éléments Re, Os, Ir, Pt, mais n'ont pas vérifié si ces corps sont différents des homologues inférieurs Ma, Ru, Rh, Pd.

Nous avions, à un moment donné, envisagé l'idée de la rupture de l'atome d'uranium, mais nous avions rejeté cette idée en raison de l'analogie des conditions de formation du corps analogue aux terres rares que nous avions

---

([2]) I. Curie, H. v. Halban et P. Preiswerk, *J. Phys. Rad.*, 6, 1935, p. 361.
([3]) Rona et Neuninger, *Naturw.*, **24**, 1936, p. 491.
([4]) L. Meitner, F. Strassmann et O. Hahn, *Z. f. Phys.*, 109, 1938, p. 538.
([5]) I. Curie et P. Savitch, *J. Phys. et Rad.*, 9, 1938, p. 355.
([6]) O. Hahn et F. Strasmann, *Naturw.*, 26, 1938, p. 755; 27. 1939, p. 11.

trouvé et des *transuraniens* de Hahn, Meitner et Strassmann. Si l'existence des transuraniens n'est pas bien établie, la question change complètement d'aspect et la formation de véritables terres rares devient beaucoup plus vraisemblable.

Dans les expériences faites par tous les auteurs sur les radioéléments formés dans le thorium, il avait été considéré comme évident que les terres rares formées étaient des isotopes de l'actinium, cette idée étant dans ce cas la plus naturelle. Nous avons voulu nous assurer si le corps découvert par l'une de nous (²) dans le thorium irradié, terre rare de période 3,5 h., ne serait pas identique au corps de même période dont nous avons établi la formation dans l'uranium.

Nous avons irradié du thorium purifié et séparé ce corps avec du lanthane comme entraîneur. Nous avons constaté que le coefficient d'absorption du rayonnement β est analogue à celui du radioélément que nous avions extrait de l'uranium (réduction d'intensité de 0,4 pour 0,19 g/cm² de cuivre), coefficient qui correspond à une énergie relativement élevée des rayons β. Nous avons ensuite fait subir au lanthane actif une précipitation fractionnée de l'oxalate en solution nitrique très acide, opération dans laquelle l'actinium devrait se concentrer très fortement dans la solution. Ici, au contraire, l'activité s'est divisée à peu près également entre la tête et la queue du fractionnement qui contenait des quantités à peu près égales de lanthane. La décroissance correspondait bien à la période 3,5 heures avec un petit résidu de période plus longue.

Par conséquent, le corps de période 3,5 h. formé par les neutrons dans le thorium n'est pas un isotope de l'actinium. Il est probablement identique à celui que nous avons trouvé dans l'uranium. Pour avoir une certitude, il faut néanmoins quelques expériences plus précises sur la période et le rayonnement des corps formés par les deux voies différentes.

D'autre part, Frédéric Joliot a montré d'une façon concluante que les noyaux d'uranium et de thorium éclatent réellement sous l'action des neutrons (⁷). Ces résultats expliquent très bien les nôtres. La rupture de l'atome peut donner des terres rares dans les deux cas.

Nous avons constaté qu'il se forme dans l'uranium irradié au moins trois radioéléments semblables aux terres rares qui ne se séparent pas notablement les uns des autres par une précipitation fractionnée des oxalates;

---

(7) Voir ci-dessus, p. 341, la Note de M. Frédéric Joliot.

ils doivent être isotopes d'une même terre rare ou de terres rares de propriétés voisines. Nous venons d'extraire aussi un corps alcalin de période 18 minutes, précipitable par le perchlorate de soude ou l'acide tartrique avec entraîneur de potassium. Tous ces corps doivent résulter de la rupture de l'atome d'uranium, peut-être suivant plusieurs modes différents.

PHYSICOCHIMIE. — *Nature et stabilité de quelques cémentites spéciales.* Note (¹) de MM. **Albert Portevin**, **Paul Bastien** et **Léon Guillet** fils, présentée par M. Léon Guillet.

Les résultats de l'étude de l'influence de divers éléments, notamment bore, cérium, cobalt, titane, sur les cémentites des fontes, nous a suggéré quelques remarques d'ordre général qu'il nous a paru intéressant de signaler.

1° *Point de Curie et nature des cémentites.* — La figure 1 indique la

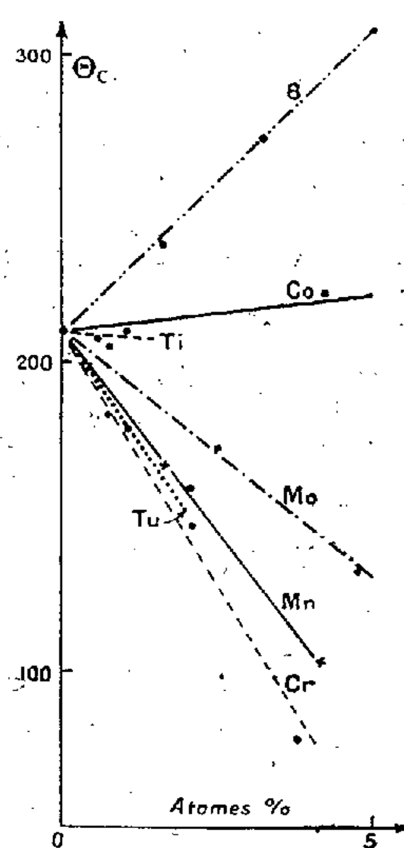


Fig. 1.

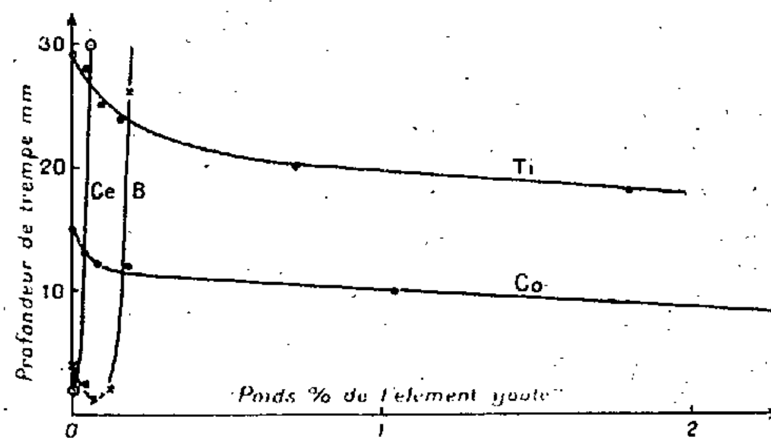


Fig. 2.

variation des points de Curie, déterminés par magnétométrie, pour les éléments ci-dessus indiqués ainsi que pour le tungstène et le molybdène;

(¹) Séance du 23 janvier 1939.

nous y avons également fait figurer les résultats donnés antérieurement [2] pour le chrome et le manganèse.

On voit qu'il y a déplacement continu du point de Curie avec la proportion d'élément ajouté et que par suite ce dernier entre *en solution solide* dans la phase carburée formant des *cémentites spéciales* et non des phases de formule définie ou carbures doubles : ces derniers doivent être considérés comme l'extrémité ou des termes particuliers d'une série continue de solutions solides.

Dans certains cas, comme pour les cémentites au bore, on peut obtenir deux phases carburées distinctes. On constate alors deux anomalies sur la courbe; l'une correspond à une cémentite pauvre en bore qui se décompose facilement par recuit à haute température, l'autre à une cémentite riche en bore, dont le point de Curie s'élève après recuit.

2° *Stabilité des cémentites.* — Son examen revêt deux aspects principaux correspondant à deux conséquences générales :

a. pouvoir graphitisant (ou inversement pouvoir trempant) à la solidification, qui peut être repéré conventionnellement par des *éprouvettes de trempe* en notant, en fonction de la teneur en élément ajouté, la profondeur ou épaisseur de la zone blanche solidifiée dans le système métastable à cémentite;

b. pouvoir graphitisant (ou aptitude à la malléabilisation) à l'état solide qui peut se qualifier par la température de début de graphitisation [3] et par l'expansion permanente après cycles thermiques répétés [4].

Sous ces deux aspects, le phénomène dépend de multiples facteurs [5], aussi les résultats choisis que nous citons ci-après ne peuvent être rigoureusement comparés entre eux quoique concernant des fontes préparées avec les mêmes matières premières et fondues de la même façon au four électrique sous laitier à faible teneur en oxyde de fer ($60\,CaO$; $35\,SiO^2$; $3\,Al^2O^3$; $2\,FeO$).

a. La profondeur de trempe pour quatre séries de fontes données en exemple figure 2 montre que le cérium et le bore accroissent énergiquement le pouvoir trempant pour de faibles teneurs, alors que le titane et le cobalt

---

(2) P. Chevenard et A. Portevin, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1492.

(3) P. Chevenard et A. Portevin, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1283.

(4) A. Portevin et P. Bastien, *Strojnicki Obzor*, Prague, 1936.

(5) Voir par exemple A. Portevin, *Introduction à l'Étude des traitements thermiques*.

n'agissent que relativement peu à forte dose. Cependant on note, pour ces derniers, une variation plus accentuée quand les teneurs deviennent faibles, aussi bien pour le titane élément désoxydant que pour le cobalt non réducteur; ceci semblerait aussi avoir lieu pour le cuivre d'après les résultats publiés ([6]).

b. Parmi les quatre éléments précédents, seul le cobalt exerce une action sensible sur la température de début de graphitisation qu'il abaisse de 60° pour 4,4 pour 100 de Co, alors qu'il ne paraît guère agir sur l'expansion après cycles thermiques répétés. Inversement, celle-ci est notablement influencée par les trois autres éléments : accrue par Ti, élément graphitisant et diminuée par B et Ce, éléments trempants.

Ceci montre que ces deux caractéristiques doivent se rattacher aux deux grandeurs différentes qui interviennent dans la graphitisation comme dans la cristallisation, l'amorçage et la propagation.

D'autre part les éléments, comme le cérium, qui s'éliminent presque totalement lors de leur addition dans la fonte liquide ont une action incomparablement plus active à la solidification que sur la graphitisation à l'état solide; ceci avait déjà été constaté ([7]) pour le calcium élément graphitisant à la solidification alors que le cérium est un élément trempant.

CHIMIE MINÉRALE. — *Formation d'acide bromeux dans l'action du brome sur l'azotate d'argent.* Note de Mlle **Marie-Louise Josien.**

Richard ([1]), en 1906, a cru préparer une solution d'acide bromeux pur, en faisant réagir du brome liquide en excès sur une solution saturée d'azotate d'argent. Clarens ([2]), en 1913, a démontré l'existence des bromites.

Poursuivant nos travaux sur les halogènes et les sels d'argent en solution aqueuse ([3]), nous avons repris l'étude de l'action du brome sur l'azotate d'argent avec l'espoir d'y caractériser l'acide bromeux.

([6]) Voir les résultats de la *British Cast Research Association* et de la *sir W. G, Armstrong Whithworth C°* publiés dans *Copper in Cast Steel and Iron*, p. 43 et 44. Londres, 1937.

([7]) A. Portevin et R. Lemoine, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1343.

([1]) *Journal of Society Chemical Industry*, 25, 1906, p. 4.

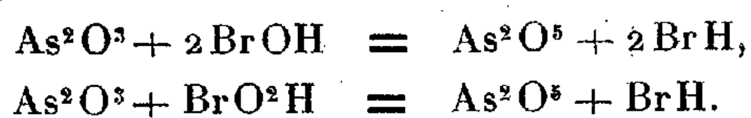
([2]) Thèse de Doctorat de la Faculté des Sciences de Toulouse, 1913.

([3]) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 449, 988, 1324; *Annales de Chimie*, 2e série, 5, 1936, p. 147.

La méthode de Clarens permet déjà de déceler l'existence d'un composé oxygéné du brome, intermédiaire entre les acides hypobromeux et bromique. En effet, Clarens a montré que si l'on additionne d'urée une solution d'hypobromite, bromite et bromate alcalins, l'urée ne détruit que l'hypobromite. Après cette destruction, la solution présente encore un pouvoir oxydant vis-à-vis de l'anhydride arsénieux en milieu alcalin; ce pouvoir oxydant résiduel correspond au bromite. Le procédé de Clarens ne peut être utilisé sans modification pour les solutions argentiques de brome. En effet, en milieu acide, l'urée est sans action sur l'acide hypobromeux. On est donc amené à neutraliser les mélanges étudiés. Après avoir ainsi reconstitué, dans nos mélanges de brome et d'azotate d'argent, des concentrations en soude analogues à celles de Clarens, nous avons bien retrouvé, dans certaines conditions, un pouvoir oxydant résiduel correspondant à un bromite. Mais ce pouvoir oxydant, ainsi mesuré, varie pour un même mélange étudié, avec les différents essais. Cette instabilité des résultats s'explique facilement, car l'addition d'alcali, si lente soit-elle, peut modifier l'état d'équilibre des solutions étudiées. Ces difficultés nous ont conduite à utiliser une méthode indirecte pour le dosage de l'acide bromeux.

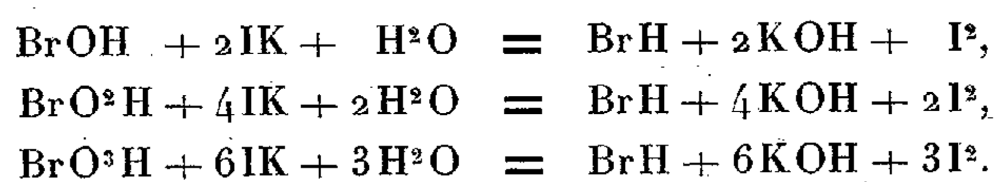
Méthode de dosage. — Les solutions étudiées sont le résultat de l'action d'un excès de brome sur l'azotate d'argent. Elles ne contiennent donc pas d'ions Ag^+ en solution. Après filtration sur coton de verre, elles sont soumises à un courant d'air qui élimine le brome libre. A ce moment, il reste dans le mélange, avec l'acide azotique provenant de la décomposition de l'azotate d'argent, les acides oxygénés du brome. Le mélange est alors dosé par les trois méthodes suivantes :

1° Le pouvoir oxydant est titré par l'anhydride arsénieux en excès additionné de bicarbonate de sodium :



$$As_2O_3 + 2\,BrOH = As_2O_5 + 2\,BrH,$$
$$As_2O_3 + BrO_2H = As_2O_5 + BrH.$$

2° Le pouvoir oxydant est mesuré par libération d'iode à partir d'iodure de potassium en excès, en milieu acide :



$$BrOH + 2IK + H_2O = BrH + 2KOH + I_2,$$
$$BrO_2H + 4IK + 2H_2O = BrH + 4KOH + 2I_2,$$
$$BrO_3H + 6IK + 3H_2O = BrH + 6KOH + 3I_2.$$

Les deux pouvoirs oxydants sont exprimés en atomes de *brome actif* par litre.

3° Après réduction complète par le sulfite de sodium, le brome total de la solution est dosé par la méthode de Mohr. Ce résultat est exprimé en ions Br^- par litre.

Le pouvoir oxydant mesuré par l'iodure de potassium en milieu acide,

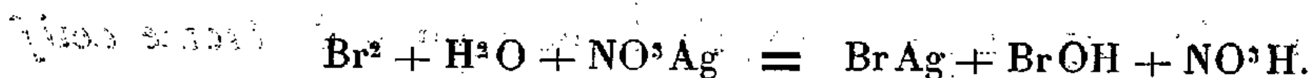
déduction faite du pouvoir oxydant révélé par l'anhydride arsénieux alcalin, indique la quantité d'acide bromique contenu dans le mélange.

On est ainsi ramené à un problème à deux inconnues. S'il n'existe pas d'acide bromeux dans le mélange, on doit trouver, après réduction et déduction faite des ions Br^- provenant de l'acide bromique, une concentration en ions Br^- égale à la moitié du pouvoir oxydant sur l'anhydride arsénieux alcalin. Au contraire, si la concentration en ions Br^- est inférieure à cette moitié, on peut en déduire la présence d'acide bromeux dans le mélange et sa concentration. En effet, pour un ion Br^- obtenu après réduction, de part et d'autre, la molécule BrOH correspond à deux atomes de brome actif, tandis que la molécule de BrO^2H correspond à quatre atomes de brome actif.

Résultats. — En utilisant la technique précédente, nous avons pu mettre en évidence et doser l'acide bromeux dans un certain nombre de solutions argentiques. Voici, à titre d'exemple, les concentrations moléculaires trouvées dans une liqueur obtenue en ajoutant, à 3^{cm^3} de brome liquide, 15^{cm^3} d'une solution d'azotate d'argent normale, le mélange ayant été filtré au bout d'une demi-heure : concentrations en BrOH 0,34 ; en BrO^2H 0,04 ; en BrO^3H 0,06.

Quand la filtration et l'élimination du brome sont effectuées aussitôt après le mélange, on ne trouve ni acide bromeux, ni acide bromique. D'autre part, on ne trouve plus d'acide bromeux si le temps de contact du brome a été trop prolongé. C'est ainsi qu'un mélange qui, après filtration et élimination du brome au bout d'une heure, présentait les concentrations suivantes : en BrOH 0,383 ; en BrO^2H 0,023 ; en BrO^3H 0,043 ; ne présentait plus, les mêmes opérations étant faites au bout de quatre heures, que les résultats suivants : en BrOH 0,163 ; en BrO^2H 0,001 ; en BrO^3H 0,065.

Ces résultats expérimentaux permettent : 1° d'affirmer l'existence de l'acide bromeux comme terme de transition entre l'acide hypobromeux et l'acide bromique ; 2° d'entrevoir, dès maintenant, sa formation comme le résultat de l'action oxydante du brome sur l'acide hypobromeux formé dans une première étape :



$$Br^2 + H^2O + NO^3Ag = BrAg + BrOH + NO^3H.$$

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Sur la combustion des mélanges d'hydrocarbures. Mélanges de décahydronaphtalène et de tétrahydronaphtalène.* Note de MM. **Paul Dumanois, Georges Retenauer** et **Marcel Prettre**, présentée par M. Émile Jouguet.

Le but des travaux dont les premiers résultats sont résumés dans la présente Note est de définir les variations de l'oxydation et de l'inflammation spontanée des mélanges d'hydrocarbures en fonction de leur composition. La méthode expérimentale a été décrite dans un précédent mémoire de l'un de nous ([1]). Les deux carbures examinés ici présentent des différences très nettes d'oxydabilité en dessous ds 300° C.

Sous la pression atmosphérique, une grande partie des mélanges de décahydronaphtalène (décaline), d'oxygène et d'azote possède la propriété curieuse découverte par P. Laffitte et deux d'entre nous ([2]) pour les mélanges d'air et de vapeur de pentane. Ces mélanges s'enflamment spontanément dans deux domaines de températures, dont l'un est limité à quelques dizaines de degrés et généralement compris entre 250 et 300°, alors que l'autre s'étend à toutes les températures supérieures à 500° environ. Vers 300° l'oxydation est fortement ralentie par une élévation de température. Le domaine de concentrations où la première inflammation est possible a été déterminé : il est limité extérieurement par la courbe 1 dans le diagramme triangulaire de la figure ci-après.

Par contre, sous la même pression, les mélanges de tétrahydronaphtalène (tétraline) et d'oxygène pur sont incapables de s'enflammer avant 500°. On observe cependant dès 100 ou 150° une oxydation lente qu'une élévation de température interrompt vers 200°. Ce n'est qu'au delà de 300° que l'on décèle à nouveau une réaction lente qui conduit à l'inflammation vers 500°.

Ces résultats montrent que les deux carbures examinés s'oxydent selon deux mécanismes distincts suivant que la température est inférieure ou supérieure à 300°. Mais le premier de ces mécanismes ne provoque l'inflammation que pour la décaline.

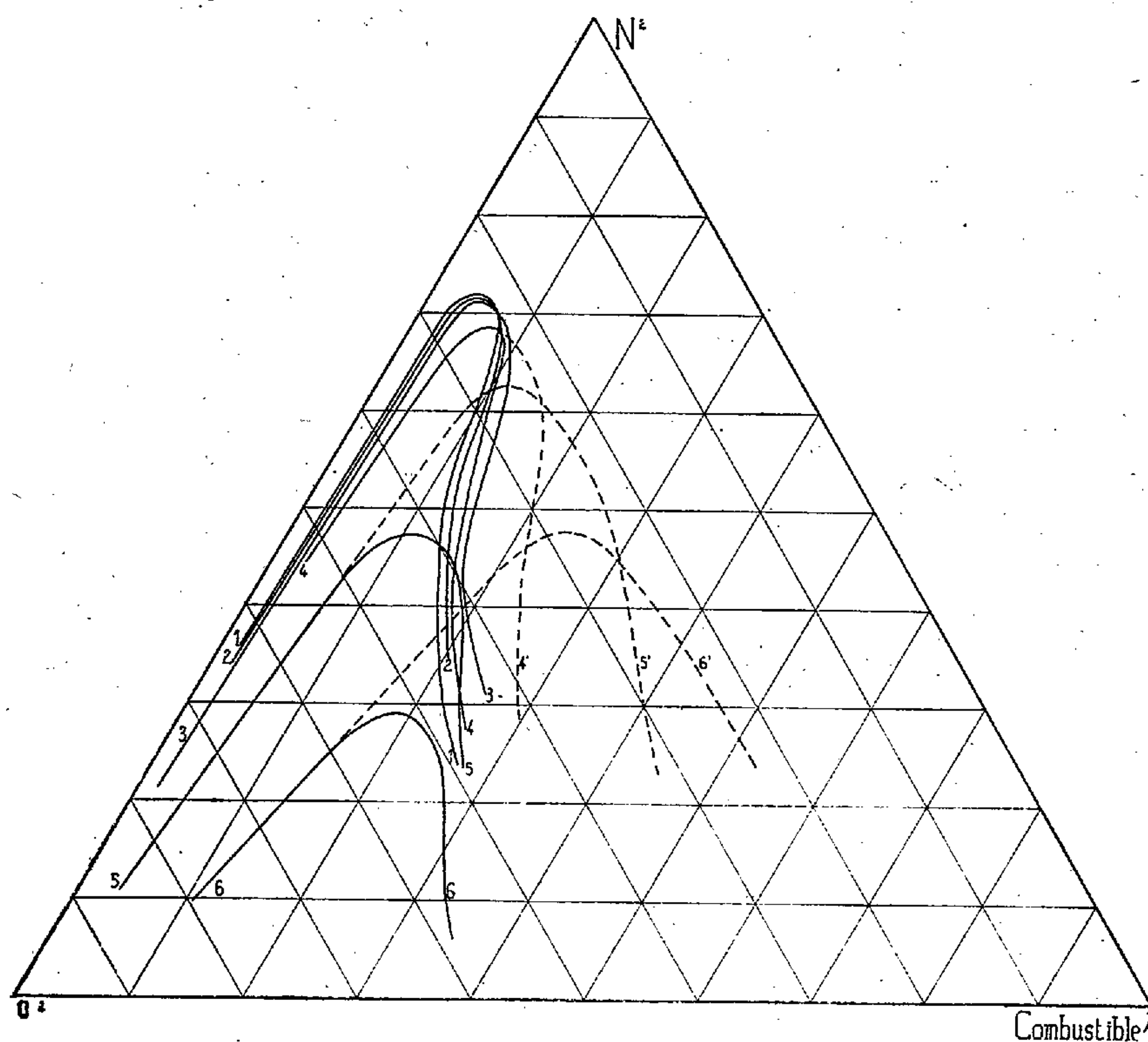
Les recherches ont été ensuite étendues au système oxygène-azote-décaline-tétraline. Même ceux de ces mélanges qui contiennent neuf fois plus de tétraline que de décaline s'enflamment en dessous de 300° dans un domaine assez vaste de concentrations. Les températures minima et maxima de cette première inflammation sont sensiblement indépendantes

([1]) M. Prettre, *Annales des Combustibles liquides*, 6, 1931, p. 292.

([2]) M. Prettre, P. Dumanois et P. Laffitte, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 329.

de la composition du combustible. Les concentrations limites d'inflammation ont été déterminées pour divers *combustibles mixtes* dont la fraction molaire en décaline a les valeurs : 0,90, 0,75, 0,50 0,25 et 0,10; elles sont représentées par les courbes 2 à 6 de la figure.

Sur cette figure ont été également tracées, en traits interrompus, quelques



courbes limites de concentrations calculées à l'aide de la courbe 1, dans l'hypothèse où la tétraline ne participerait pas aux réactions d'inflammation et n'influerait pas sur les limites. On voit que, pour chaque combustible mixte examiné, une partie des courbes expérimentales coïncide avec une partie des courbes calculées correspondantes. Cette concordance s'observe pour les plus faibles concentrations en combustibles qui permettent la réaction explosive (branches de gauche des courbes 2 à 6). Au contraire les concentrations les plus élevées en combustibles pour lesquelles la flamme peut encore apparaître sont très inférieures aux concentrations calculées (branches de droite) et elles sont situées très près les unes des autres pour une même teneur en oxygène. La concentration minimum en oxygène

permettant l'inflammation est pratiquement constante ($0^{atm},23$) quand la fraction molaire de la décaline passe de 1,0 à 0,50, pour augmenter rapidement ensuite.

Ces résultats prouvent que les mélanges les plus pauvres en combustibles ne peuvent s'enflammer en dessous de 300° que s'ils contiennent une quantité donnée de décaline et qu'ils sont indifférents à la présence de la tétraline qui n'agit donc pas alors sur l'inflammabilité. A la limite inférieure, une inflammation devient possible quand un nombre suffisant de chaînes prennent naissance dans le mélange réactionnel en un temps donné. *L'absence d'influence du tétrahydronaphtalène sur cette limite prouve que seul le décahydronaphtalène est responsable de la réaction initiale des chaînes qui provoquent l'explosion.*

Par contre la concentration en combustible limite supérieure de l'inflammation en dessous de 300° varie très peu avec la composition du combustible. Cette limite résulte du fait que la propagation des chaînes est gênée par le défaut de comburant. Si la décaline propageait seule ces chaînes, la limite supérieure d'inflammation ne dépendrait que de la concentration de ce seul carbure. Au contraire, si les deux combustibles participent à la propagation des chaînes, la limite supérieure ne doit être que peu influencée par la composition du combustible mixte. C'est ce qui a été observé, donc *le tétrahydronaphtalène participe à la propagation des chaînes auxquelles le décahydronaphtalène seul donne naissance.*

EFFET RAMAN ET CHIMIE. — *La fréquence éthylénique dans les éthers vinyliques.* Note de M. **Albert Kirrmann**, transmise par M. Robert Lespieau.

On sait que la fréquence caractéristique de l'éthylène, qui vaut 1620 cm^{-1}, est augmentée par la majorité des substituants, abaissée par les halogènes. Bourguel [1] a supposé que le sens de cette variation pouvait être lié à la polarité du substituant. On devait alors penser que des groupements oxygénés (acétoxy et éthoxy), liés directement par l'oxygène, auraient un effet de même sens que les halogènes. Il fallait donc étudier des éthers-sels, tels que l'acétate de vinyle, et des éthers-oxydes vinyliques.

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 53, 1933, p. 495.

J'ai décrit précédemment le spectre de l'acétate de vinyle ([2])



$CH^2 = CH-O-COCH^3$.

Sa fréquence caractéristique est 1648, donc l'effet du groupe acétoxy est pratiquement le même que celui d'un radical hydrocarboné.

J'ai préparé maintenant trois éthers-oxydes, l'éthoxy-éthylène



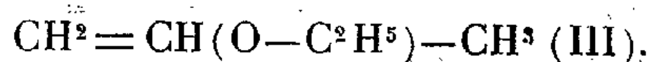
$CH^2 = CH-O-C^2H^5$ (I),

et ses deux homologues directs, les éthoxy-1 et éthoxy-2 propylènes



$CH^3-CH = CH-O-C^2H^5$ (II)

et



$CH^2 = CH(O-C^2H^5)-CH^3$ (III).

Tous ont été obtenus par action de l'anhydride phosphorique sur les acétals correspondants ([3]). Voici leurs constantes :

	Eb.	d^{19}.	n^{19}.	R. M.	Calc.
I...........	35°,5 à 36°	0,7552	1,3772	21,94	21,86
II...........	63°	0,778	1,391	26,26	26,47
III...........	58°	0,774	1,388	26,22	26,47

L'éthoxyéthylène I a conduit à un résultat surprenant : il présente deux raies dans la région éthylénique, 1611 et 1635. Il ne semble pas que l'on connaisse un autre exemple de composé éthylénique à structure univoque qui présente plus d'une raie. Or on ne peut guère envisager plusieurs isomères pour une molécule aussi simple. Une vérification était pourtant nécessaire. J'ai donc préparé le même corps par action du sodium sur le monobromacétal ([4]). Densité, indice et spectre sont exactement les mêmes, ce qui élimine l'hypothèse d'une impureté accidentelle.

L'homologue II possède une raie unique à 1666. Si l'on défalque de ce nombre l'effet moyen d'un groupe méthyle, qui vaut 28, on obtient 1638, c'est-à-dire un nombre pratiquement identique à 1635. Nous pouvons donc admettre que 1635 est la fréquence *normale* de l'éther I. Le décalage produit par le groupe éthoxy est donc positif comme pour le groupe acétoxy, bien que plus faible. L'hypothèse d'un effet de polarité n'est donc pas vérifiée.

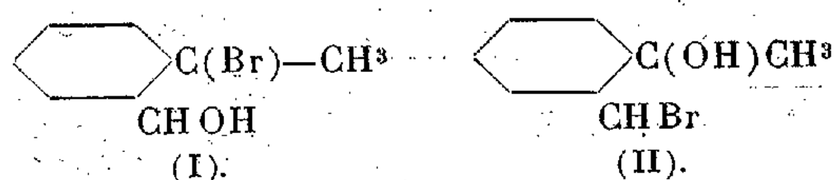
([2]) Kirrmann, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 915.
([3]) Claisen, *Ber. d. Chem. Ges.*, 31, 1898, p. 1021.
([4]) Freundler, *Bull. Soc. Chim.*, 1, 1907, p. 73.

L'homologue III présente une structure dissymétrique. Il n'est ainsi pas justiciable de la règle d'additivité, comme je l'ai montré ([5]). Mais on peut supposer, d'après ce qui précède, que sa fréquence se trouve abaissée par rapport à celle de son isomère II, comme c'est le cas pour les carbures, et non pas augmentée, comme pour les halogénures. L'expérience donne 1654, ce qui éloigne effectivement le groupe éthoxy des halogènes.

L'ensemble de ces résultats est concordant pour les 4 composés étudiés. Il reste cependant à interpréter la raie 1611 de l'éthoxyéthylène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'éthérate de bromure de magnésium sur le diméthyl-1.4 époxy-1.2 cyclohexane*. Note de Mlle **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Auguste Béhal.

Au cours de recherches antérieures concernant l'action des éthérates d'halogénures de magnésium sur les époxydes ([1]), il a été constaté que le méthyl-1 époxy-1.2 cyclohexane donne à froid avec Br^2Mg un mélange de deux bromhydrines isomères qui diffèrent par la position de la fonction alcool; celle-ci est secondaire dans l'une, alors que le brome est tertiaire et très instable (I); elle est tertiaire dans l'autre, mais le brome y est secondaire et relativement stable (II).



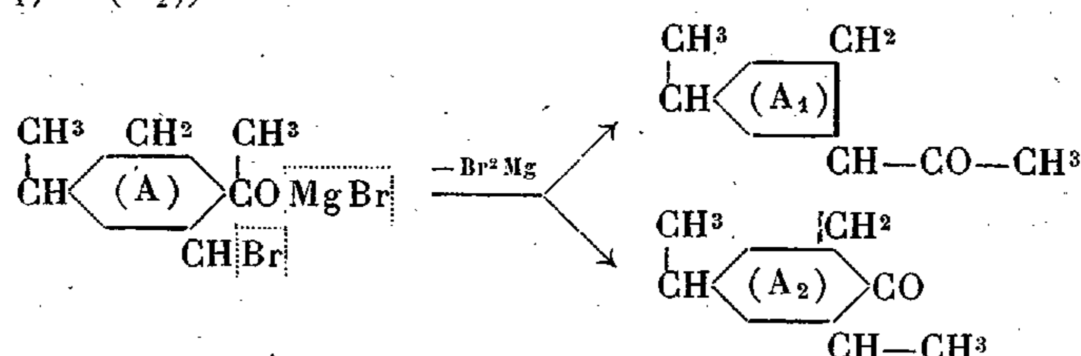
A chaud ces deux bromhydrines, ou plutôt leurs halogénomagnésiates, perdent Br^2Mg avec formation d'un aldéhyde, le méthyl-1 cyclopentylformaldéhyde, et de deux cétones, l'acétyl-cyclopentane et la méthylcyclohexanone. Tandis que l'aldéhyde provient indubitablement de la première bromhydrine (I) par transposition semihydrobenzoïnique, l'acétylcyclopentane provient de la seconde (II) par transposition semipinacolique. Quant à la méthyl-1 cyclohexanone-2, elle peut provenir soit de la première par migration d'hydrogène (déshalogénation vinylique), soit de la seconde par transposition semipinacolique et migration d'un méthyle. Pour

([5]) Kirrmann, *Journ. de Phys.*, 9, 1938, p. 48 S. Un exposé complet paraîtra dans un autre Recueil.

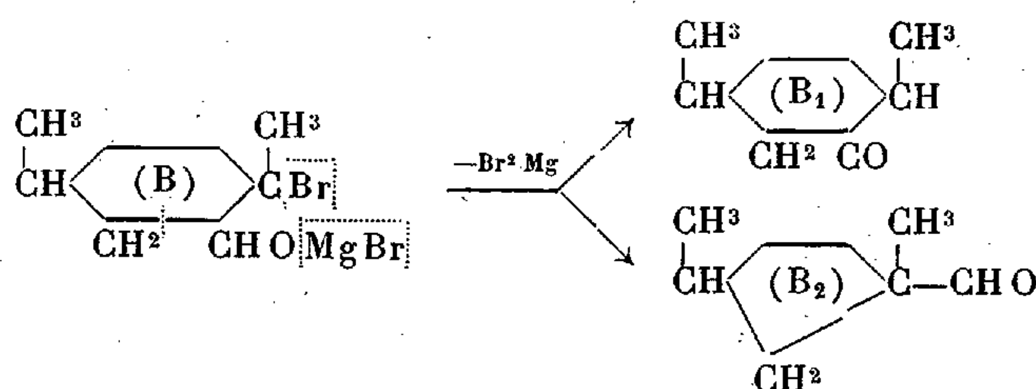
([1]) M. Tiffeneau et B. Tchoubar, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 918.

décider si ces deux mécanismes interviennent, il y avait lieu d'étudier les bromhydrines obtenues à partir d'un époxyde homologue tel que celui méthylé en 4, le diméthyl-1.4 époxy-1.2 cyclohexane.

Cet époxyde, soumis à l'action de l'éthérate de Br^2Mg, fournit bien, comme son homologue, les deux bromhydrines isomères dont la fonction alcool est secondaire dans l'une, (B), et tertiaire dans l'autre, (A) ([2]). Cette dernière, plus stable, a pu être isolée ($Éb_{17}$, 109-111°; dinitrobenzoate, F. 134-135°). J'ai donc pu soumettre séparément à la déshalogénation, soit la bromhydrine (A) pure, soit le mélange des deux bromhydrines (A) et (B). Théoriquement, comme le montrent les schémas ci-après, la déshalogénation magnésienne de ces deux bromhydrines (A) et (B) doit conduire à quatre produits distincts, à savoir : deux pour la première, (A_1) et (A_2), et deux pour la seconde, (B_1) et (B_2),



Transposition semipinacolique avec migration possible du CH^2 (A_1) et du CH^3 (A_2). Seul CH^2 émigre : formation exclusive de (A_1).



Migration possible de H (B_1) et de CH^2 (B_2). Les deux migrations ont lieu avec formation de (B_1) sans transposition, et de (B_2) avec transposition semihydrobenzoïnique.

Or, conformément aux faits déjà connus ([3]), la déshalogénation de la transbromhydrine A ne m'a fourni qu'un unique produit, le méthyl-3 acétyl-1 cyclopentane (A_1) déjà décrit et résultant d'une transposition semipinacolique avec raccourcissement de cycle, tandis qu'avec le mélange des deux bromhydrines, j'ai obtenu les trois produits A_1, B_1 et B_2.

([2]) Toutes deux sont des *trans* car, aussi bien la bromhydrine (A) que le mélange des deux bromhydrines (A) et (B), régénèrent par la soude l'époxyde initial, ce qui, d'après Bartlett et Rosenwald (*Am. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 1990), est caractéristique des halohydrines *trans*.

([3]) M. Tiffeneau et B. Tchoubar, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 360.

Il s'ensuit que la bromhydrine (B), dans sa déshalogénation magnésienne, fournit les deux produits B_1 et B_2 résultant l'un (B_1) d'une simple migration d'hydrogène, l'autre (B_2) d'une migration du CH^2 voisin avec raccourcissement de cycle (transposition semihydrobenzoïnique) et formation de diméthyl-1-3 cyclopentylformaldéhyde dont l'acide correspondant fournit un amide fusible à 88°.

On peut donc conclure que, dans la réaction exposée au début de cette Note, la méthyl-1 cyclohexanone-2 provient uniquement de la bromhydrine 1 dont la déshalogénation magnésienne comporte une double migration H : avec formation de méthylcyclohexanone et CH_2 avec formation de méthyl-1 cyclopentylformaldéhyde.

Conclusions. — La fixation à froid de Br^2Mg à l'état d'éthérate sur le diméthyl-1-4 époxy-1-2 cyclohexane fournit les deux *trans*-bromhydrines prévues. L'une, dont l'hydroxyle est tertiaire, est stable; elle fournit par déshalogénation magnésienne à chaud, le méthyl-3 acétyl-1 cyclopentane (transposition semipinacolique); l'autre, dont l'hydroxyle est secondaire, n'a pas pu être isolée; elle fournit par la même déshalogénation un mélange de diméthyl-1-4 cyclohexanone-2 (par migration de H) et de diméthyl-1-3 cyclopentylformaldéhyde (par migration de CH^2, c'est-à-dire par transposition semihydrobenzoïnique).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dosage de l'hydroxyle phénolique et naphtolique au moyen de l'anhydride benzoïque.* Note de M. **Alfred Leman**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours de nos recherches sur la réactivité de l'hydroxyle naphtolique, nous avions constaté la facilité de formation des dérivés acétylés dans l'action de l'anhydride acétique, en milieu pyridinique, et nous en avions tiré une méthode de dosage (1). Par la suite, en étudiant l'action de l'anhydride benzoïque, toujours en milieu pyridinique, nous avons été amené à mettre au point une nouvelle méthode de dosage de l'hydroxyle, dans les naphtols α et β, et dans les dihydroxynaphtalènes 1.5, 1.7 et 2.7 (2), méthode beaucoup plus précise que celle par acétylation pyridinique. Les taux de benzoylation obtenus sont de 100 pour 100, à 1/200 près; ils correspondent par conséquent au maximum de précision qu'on peut atteindre dans les dosages par volumétrie.

Nous nous sommes alors demandé si cette méthode était applicable, avec

(1) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 579-581.
(2) *Ann. de Chimie*, 11e série, **9**, 1938, p. 409-415.

autant de succès, au dosage des différents monophénols et dihydroxybenzènes.

Voici *le mode opératoire* que nous utilisons : dans un ballon à saponification, nous ajoutons à une prise d'essai du phénol (1/100 mol.) ou du dihydroxybenzène (1/200 mol.) 10^{cm^3} de mélange benzoylant contenant, pour 100^{cm^3} de pyridine, 100^g d'anhydride benzoïque, et nous laissons réagir à 100° pendant une heure. L'excès d'anhydride sur la quantité exigée par la théorie pour une benzoylation complète est d'environ 125 pour 100.

Pour tous les phénols mis en œuvre, *la réaction* se poursuit normalement, sans coloration des solutions. Il faut toutefois remarquer que, dans le cas de l'hydroquinone, le dérivé benzoylé commence à se déposer après 15 minutes environ; aussi agite-t-on fréquemment en vue d'assurer le mélange intime des corps en réaction.

Afin de *décomposer l'excès d'anhydride benzoïque*, une fois la réaction terminée, nous ajoutons 50^{cm^3} d'eau et portons de nouveau à 100°, pendant une heure. Nous transvasons ensuite et, après avoir lavé le ballon avec 15^{cm^3} d'alcool, nous dosons par KOH N/1, en présence de phtaléine, l'acide benzoïque formé.

Le *dosage de l'acide benzoïque* dans ces solutions, en présence des dérivés benzoylés, s'est effectué sans difficulté. Les liqueurs, sensiblement incolores, virent très nettement au rose à la neutralisation. Dans le cas de la pyrocatéchine, la solution jaunit assez fortement vers la fin du dosage, sans pourtant que cette coloration gêne l'observation du virage.

Dans tous les cas, nous contrôlons le virage de la liqueur par un *virage à la touche*, sur papier à la phtaléine, en observant la coloration fortement rosée, persistant plus de 50 secondes, même 15 minutes après la fin du dosage : ce virage à la touche nécessite une addition supplémentaire de $0^{cm^3},25$ de la solution normale de KOH.

Finalement, la liqueur étant débarrassée du benzoate, soit par filtration, soit par décantation, nous vérifions l'exactitude du dosage en ajoutant 10^{cm^3} de SO^4H^2 N/1, puis *dosant en retour* par KOH.

Nous indiquons ici les *taux de benzoylation*, calculés par comparaison avec un essai à blanc, effectué dans les mêmes conditions.

Phénol.	*o*-Crésol.	*m*-Crésol.	*p*-Crésol.	*p*-Xylénol.	Thymol.	Carvacrol.
100,5	100,6	100,2	101,4	99,4	100,1	100,3
99,7	100,2	99,5	100,7	98,1	101,0	99,9

Diphénols...	Pyrocatéchine.	Résorcine.	Hydroquinone.	β-Naphtol.
	100,1	100,5	100,5	100,3
	101,5	99,8	99,6	99,7

De nos résultats il ressort que la *benzoylation* de l'hydroxyle phénolique est *pratiquement complète* dans les conditions déterminées plus haut; le taux de benzoylation est de 100 pour 100, à moins de 1 pour 100 près dans la plupart des cas, et à moins de 2 pour 100 près pour le *p*-crésol, le *p*-xylénol et la pyrocatéchine.

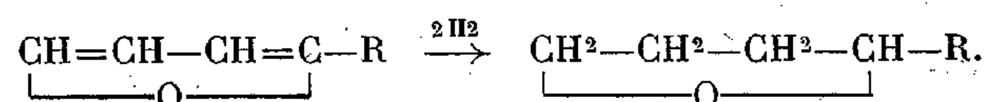
Signalons enfin que les benzoates sont obtenus presque purs d'emblée. Ceux qui sont solides à température ordinaire sont bien cristallisés, incolores, et fondent, à 1 ou 2° près, aux points indiqués dans la littérature.

Conclusions. — Comme dans le cas des naphtols α et β et des dihydroxynaphtalènes 1.5, 1.7, 2.7, la benzoylation des monophénols et des dihydroxybenzènes est complète, à 100°, par action d'un mélange d'anhydride benzoïque et de pyridine, riche en anhydride, agissant pendant une heure.

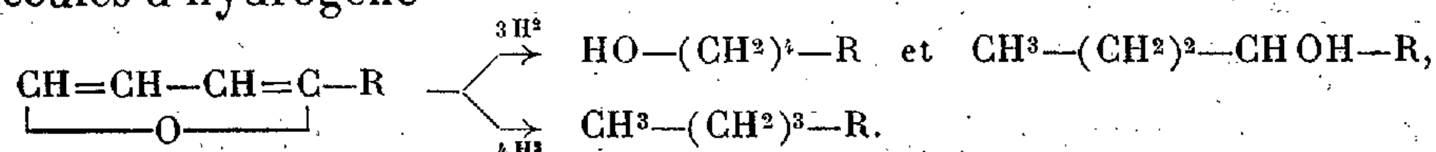
Cette réaction peut être utilisée, soit pour le dosage précis de l'hydroxyle phénolique ou naphtolique, soit pour la préparation facile des dérivés benzoylés purs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Application du nickel de Raney à l'hydrogénation de quelques acides à noyau furanique.* Note (¹) de MM. **Raymond Paul** et **Guy Hilly**, transmise par M. Robert Lespieau.

L'hydrogénation catalytique du noyau furanique ne se borne pas, en général, à la saturation des doubles liaisons



A côté du dérivé tétrahydrofuranique il se forme fréquemment, en effet, des alcools et même des carbures provenant de la fixation de trois à quatre molécules d'hydrogène



(¹) Séance du 23 janvier 1939.

Cette *hydrogénolyse* du noyau est inévitable et devient parfois la réaction principale lorsqu'on utilise comme catalyseur l'oxyde de platine, le noir de platine, le nickel de Sabatier et Senderens ou le chromite de cuivre. Dans le cas des furylalcanes et des furylalcoylcarbinols, on a établi récemment qu'elle pouvait être pratiquement supprimée, en employant le nickel de Raney à température peu élevée (80-100°). Les dérivés tétrahydrofuraniques correspondants sont alors obtenus avec de très bons rendements (2).

Nous avons voulu voir si l'usage de ce catalyseur était encore aussi avantageux pour l'hydrogénation des composés furaniques à fonction acide, dont certains, en effet, comme le pyromucate d'éthyle ou la pyromucamide (3), se sont montrés particulièrement difficiles à hydrogéner en présence de platine. Les différents essais que nous avons effectués sont résumés dans le tableau suivant :

Substance.	Masse.	Pression.	Temp.	Durée.	H^2 fixé.	Rdt. en produit isolé.
	g	kg	°	min	%	%
Acide pyromucique	15	50	110	48	95	89
Pyromucate d'éthyle	14	84	100	22	100	93,5
Pyromucamide	11	67	100	56	100	100
Acide furfuracrylique	13,8	70	100	58	98	64
Furfuracrylate d'éthyle	19	75	100	80	97	86
Acide furfurylidène.malonique	9,1	81	110	93	87	80
Furfurylidène.malonate d'éthyle	18	87	110	41	100	93
Furfurylidène.acétylacétate d'éthyle	16	76	100	48	91	89

Les acides ont été hydrogénés après dissolution dans la quantité calculée d'hydroxyde de sodium; la pyromucamide en solution dans son poids d'acétate d'éthyle; tous les autres composés sans solvants.

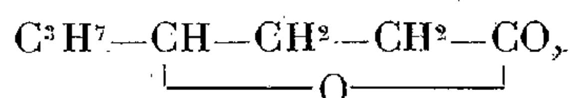
Voici d'autre part les constantes des produits tétrahydrofurfuraniques correspondants :

Substance.	Eb.	D_{15}^{t}.	N_D.	R. M. th.	R. M. tr.
Acide tétrahydropyromucique	128-129°/13^{mm}	$1,218_{16°}$	$1,4616_{16°}$	26,27	26,15
Tétrahydropyromucate d'éthyle	80°/11^{mm}	$1,069_{10°}$	$1,4392_{10°}$	35,63	35,44
Acide tétrahydrofurfurylpropionique	156-157°/15^{mm}	$1,126_{12°}$	$1,4636_{12°}$	35,51	35,26
Tétrahydrofurfurylpropionate d'éthyle	110°/15^{mm}	$1,024_{7°}$	$1,4443_{7°}$	44,87	44,64
Tétrahydrofurfurylmalonate d'éthyle	166-167°/17^{mm}	$1,089_{11°}$	$1,4485_{11°}$	60,38	60,16
Tétrahydrofurfuryl.2-butanol.3-oate d'éthyle	152-153°/10^{mm}	$1,077_{7°}$	$1,4649_{7°}$	55,63	55,43
Tétrahydropyromucamide		P. F. 78-79°			

(2) R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 846; 5e série, 5, 1938, p. 1053.
(3) Karyone, *Journ. of the Pharmac. Soc. of Japan*, 515, 1925, p. 1-22.

Le nickel de Raney convient donc parfaitement à l'hydrogénation des acides furaniques, à condition toutefois que le carboxyle soit bloqué (sel, ester ou amide); à 100° la réaction est rapide et ne conduit pratiquement qu'au dérivé tétrahydrofuranique.

L'hydrogénolyse du noyau n'a pu être mise en évidence que dans le cas de l'acide furfuracrylique : il se forme en effet une petite quantité (Rdt. 10 °/₀) de propylbutyrolactone



qui a été caractérisée par ses constantes ($Éb_9$ 104-105°, D^7_{15} 1,009, N^7_D 1,4451), ainsi que par sa transformation en hydrazinolactone ([4]) fusible à 38° ([5]).

Ces résultats, rapprochés de ceux qui ont été obtenus antérieurement permettent de considérer le nickel de Raney comme le meilleur catalyseur dont on dispose à l'heure actuelle pour l'hydrogénation des doubles liaisons du noyau furanique.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Sur la transformation renversable dans les alliages cuivre-aluminium entre 7 pour 100 et 16 pour 100 d'Al.* Note de M. **André Boutillier**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'étude dilatométrique des alliages cuivre-aluminium ([1]) met en évidence l'existence d'une transformation renversable du constituant de trempe se traduisant par des anomalies dilatométriques irrégulières qui se rattachent à deux types : type 1, expansion au refroidissement, contraction à la chauffe, obtenu avec les alliages de composition voisine de 12 pour 100 d'Al. quand le constituant de trempe a été refroidi à grande vitesse; type 2, de signe contraire, obtenu pour les vitesses de refroidissement modérées.

L'étude des anomalies thermiques, des anomalies de résistivité et des radiogrammes de diffraction du rayonnement X, permet de vérifier la régularité du phénomène et de préciser sa nature.

([4]) Blaise et Lutringer, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 35, 1903, p. 1095.

([5]) Bagard, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 1, 1907, p. 316.

([1]) A. Boutillier, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 498.

Quel que soit le type d'anomalie dilatométrique, la transformation renversable se traduit par des anomalies thermiques et de résistivité de signe défini et de grandeur paraissant constante.

La transformation se fait avec absorption de chaleur à la chauffe et dégagement de chaleur au refroidissement. L'anomalie thermique à la deuxième chauffe est décalée de 50° à 60° vers les basses températures comme l'anomalie dilatométrique.

Les courbes représentant la résistivité en fonction de la température font apparaître deux anomalies inverses, dont la correspondance avec les anomalies dilatométriques est évidente. La transformation à la chauffe abaisse la résistivité de 15 pour 100 environ, la transformation au refroidissement l'augmente. On retrouve à la deuxième chauffe le déplacement de la transformation dans l'échelle des températures.

D'autre part la transformation entraîne une variation de la densité [1].

On serait donc en présence d'un phénomène défini de changement d'état. L'étude aux rayons X le confirme en montrant l'existence d'une modification réversible de structure cristalline corrélative de la transformation renversable. De plus cette modification se fait de façon telle que l'individualité, l'orientation, la forme des éléments cristallins paraissent entièrement respectées par deux transformations inverses. Du moins on constate que les radiogrammes de diffraction fournis par une lamelle avant et après ces deux tranformations sont superposables ainsi que les micrographies prises au même point.

L'allure à grains cristallins assez développés de ces alliages (ne permettant pas toutefois l'étude d'un cristal unique) laisse penser que l'irrégularité avec laquelle cette transformation se traduit au dilatomètre est due à l'anisotropie cristalline, dont un nombre de grains trop faible ou leur orientation systématique ne permet pas la compensation, et à l'hétérogénéité thermique de l'éprouvette au cours de la première transformation renversable au refroidissement.

A l'appui de cette hypothèse, l'expérience apporte les faits suivants :

1° Si l'on découpe en cubes une éprouvette de longueur normale mais de section carrée, préalablement traitée, on peut en superposant ces cubes convenablement orientés étudier l'anomalie suivant les trois directions d'arêtes. On constate des différences de grandeur et même de signe. Il arrive qu'à une importante anomalie de type 1 dans la direction de l'éprouvette correspond une anomalie de type 2 dans l'une des directions perpendiculaires.

2° Sur ces cubes, traités comme une éprouvette et étudiés individuellement, on constate aussi une anisotropie de dilatation.

3° Pour une éprouvette normale, étudiée dans le sens longitudinal, l'amplitude des anomalies du type 1 (contraction à la chauffe) croît quand diminue le nombre de grains dont l'éprouvette était formée à l'état de solution β, quand la longueur et la régularité d'orientation des aiguilles du constituant de trempe augmentent.

4° Le perçage d'une éprouvette suivant son axe augmente la vitesse critique de refroidissement (vitesse correspondant au passage du type 1 au type 2).

5° Au changement de type d'anomalie correspond un changement d'aspect micrographique, le constituant de trempe se présentant en longues aiguilles parallèles à deux ou trois directions principales quand l'anomalie est de type 1, en aiguilles courtes paraissant parallèles aux mêmes directions dans l'autre cas.

Pour les alliages dont la composition s'écarte de celle de l'eutectoïde, ce changement coïncide avec l'apparition de petits cristaux de solution α ou de solution δ au sein du constituant de trempe. Aussi les alliages trop riches ou trop pauvres en Al ne donnent-ils que des anomalies de type 2.

6° L'éprouvette est le siège de tensions importantes, en particulier quand l'anomalie est de type 1. Ces tensions se manifestent par des déformations permanentes et par une augmentation caractéristique de l'anomalie de plasticité qui accompagne la transformation de l'eutectoïde en solution β au cours d'une chauffe ultérieure.

Ces résultats conduisent à considérer l'anomalie dilatométrique correspondant à la transformation renversable comme résultant de la superposition d'une anomalie régulière de changement d'état (de type 2) et d'une anomalie variable due à des facteurs nombreux et non indépendants (forme et dimensions de l'éprouvette, dimensions, orientation des cristaux de solution β, hétérogénéité thermique, contraintes), qui déterminent au cours de la première transformation Tr la texture du constituant de trempe à froid et le comportement dilatométrique de l'éprouvette. Ces facteurs n'interviennent plus ensuite d'une façon appréciable au cours des transformations ultérieures Tc ou Tr. Ils sont assez nombreux pour que deux éprouvettes ne soient jamais identiques.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Dilatation et polymorphisme dans les acides gras.* Note [1] de M. **F. Dupré la Tour**, présentée par M. Maurice de Broglie.

On sait que les acides gras saturés, et particulièrement les diacides à nombre pair d'atomes de carbone, présentent, suivant le paramètre $a \sin \beta$, un coefficient de dilatation anormalement élevé [2]. Le paramètre étudié correspond, dans le plan de symétrie du cristal monoclinique, à la distance entre deux molécules voisines, comptée perpendiculairement aux chaînes d'atomes de carbone.

J'ai repris l'étude aux rayons X de ce coefficient pour les diacides *impairs* et les monoacides *pairs*, qui présentent le phénomène de polymorphisme. Ces mesures ont confirmé, pour les composés étudiés, les valeurs considérables du coefficient de dilatation relatif au paramètre $a \sin \beta$. Elles ont encore mis en évidence une *variation brusque de ce coefficient* lorsqu'un échantillon donné, porté à différentes températures, franchit, *sans changer de forme cristalline*, le point de transformation [3].

Il est possible, en effet, dans plusieurs cas, de maintenir une forme donnée à l'état métastable, dans un domaine de température différent du domaine de stabilité véritable. Lorsqu'une même forme passe ainsi du domaine de température où elle est métastable au domaine où elle est stable, ou inversement, la courbe de dilatation présente un coude nettement marqué. Par contre, dans un même domaine de température, on ne constate pas de variation graduelle du coefficient : la courbe de dilatation est une droite, aux erreurs d'expérience près. Pour les diacides *pairs*, nous avions trouvé un coefficient constant jusqu'au voisinage immédiat du point de fusion.

Le diagramme présenté met en évidence ce phénomène. Il est relatif à la forme β de l'acide pimélique $HOOC-(CH^2)^5-COOH$.

---

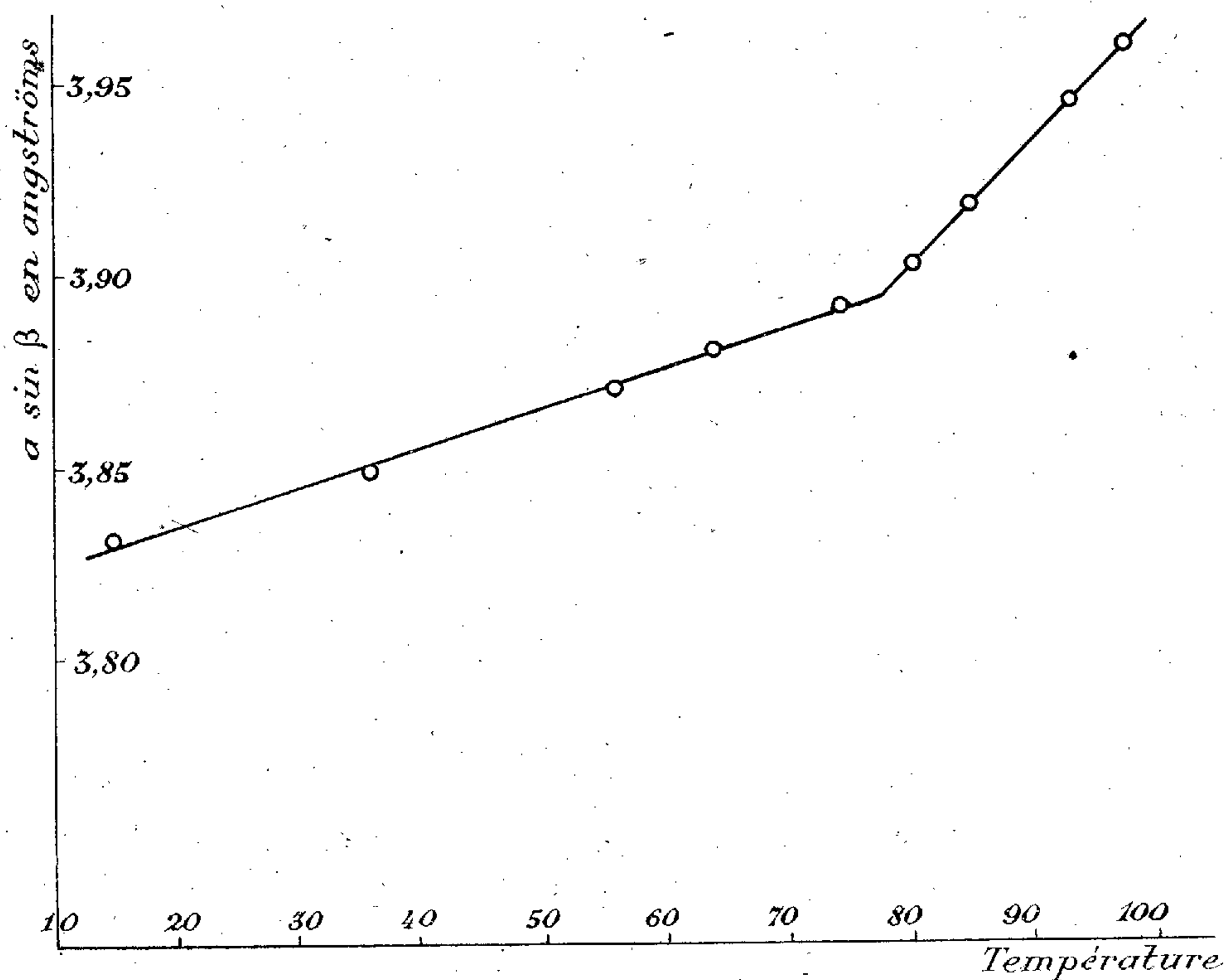
(1) Séance du 23 janvier 1939.

(2) F. Dupré la Tour et A. Riedberger, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 215; F. Dupré la Tour, *Le polymorphisme des acides gras*, Paris, 1936.

(3) Comme nous l'avons indiqué à propos des diacides *pairs*, la valeur de $\sin \beta$ change peu avec la température, ainsi que le prouve la faible valeur du coefficient de dilatation du paramètre $c \sin \beta$. La dilatation considérée est donc principalement relative à l'axe a ou [100].

Le coefficient de dilatation passe brusquement de la valeur 26.10^{-5} (4) à une valeur triple 78.10^{-5}, à une température voisine de 77°; or le point de transformation de la forme α en β est 74-75°.

Pour le diacide en C^{11}, le coefficient de dilatation relatif à la forme α



Dilatation de $a \sin \beta$ (forme β de l'acide pimélique).

passe de la valeur 17.10^{-5} à 51.10^{-5}, vers 90° : or le point de transformation de β en α est 91°.

Le même phénomène se retrouve pour les monoacides, relativement au même paramètre. L'acide palmitique α possède deux coefficients de dilatation : 60.10^{-5} au-dessous de 45° environ et 110.10^{-5} au-dessus. Or le point de transformation est 48° : au-dessous, la forme α est métastable; au-dessus, elle est stable. Notons seulement que, pour les monoacides, la variation de

(4) Les nombres correspondants aux coefficients de dilatation sont exacts à 10 ou 15 pour 100 près en général.

l'angle β avec la température, révélée par la dilatation de $c \sin \beta$, est plus importante que pour les diacides.

Ainsi, une variation brusque du coefficient de dilatation existe pour la forme α et pour la forme β des diacides à nombre impair d'atomes de carbone, et pour la forme α des monoacides pairs : tous ces acides sont polymorphes. Au contraire, pour les diacides pairs qui ne présentent pas de polymorphisme, la courbe de dilatation est une droite, jusqu'au voisinage immédiat du point de fusion. Remarquons d'ailleurs que la valeur moyenne du paramètre étudié varie dans de grandes proportions, de la forme β à la forme α des diacides (du simple au double). La disposition des molécules dans la maille élémentaire est également différente. Le phénomène n'est donc pas en relation avec un équilibre singulier entre les atomes du cristal.

Il est donc possible de mettre en évidence, par l'étude thermique *d'une seule forme cristalline*, l'existence d'un polymorphisme, et de déterminer approximativement les températures de transformation. Des essais sont en cours pour rechercher si d'autres propriétés thermiques varient également avec l'état de stabilité ou de métastabilité d'une variété cristalline, et pour tirer de cette étude les conséquences qu'elle comporte au point de vue thermodynamique.

GÉOLOGIE. — *La falaise éboulée d'Ivry-sur-Seine (Seine)*. Note de M. **Robert Soyer**, transmise par M. Charles Jacob.

Un mode d'érosion intéressant vient d'être mis en évidence à Ivry-sur-Seine par les travaux de la ligne n° 7 du Métropolitain.

Le territoire de cette commune comprend deux parties bien distinctes :

1° Une région tabulaire élevée, de 50 à 65^m d'altitude, à substratum lutétien recouvert par des alluvions de la terrasse de 20-30^m et des limons de plateaux remaniés.

2° Une plaine basse, où les alluvions de la terrasse de 10-15^m reposent sur le Sparnacien.

Un escarpement, formant une sorte de falaise et constitué essentiellement par le Lutétien, sépare nettement les deux régions.

Le sous-sol profond ne révèle aucun accident tectonique : la Craie, située à + 22^m au Sud-Ouest d'Ivry, s'abaisse à + 8^m au Nord-Est, en bordure de la Seine, avec une pente faible de 7 pour 1000. Des lambeaux de Post-crétacé (Montien ?) ont été rencontrés dans les forages; le Sparnacien est érodé sous la plaine alluviale; et, dans le forage de la route stratégique, où il est en place sous le Lutétien inférieur, son épaisseur atteint 24^m,73 (1).

(1) P. Lemoine, R. Humery, R. Soyer, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1633-1636.

Le calcaire grossier, bien développé, atteint 20^m de hauteur; les marnes et caillasses, décapées, sont visibles sur 5^m dans la carrière de la rue de Paris. Le contact Lutétien-Sparnacien s'effectue vers + 39^m au Sud-Ouest d'Ivry, + 32^m à l'Église et vers + 36^m au Petit-Ivry.

Les ouvrages de la ligne n° 7 sont établis à la limite de l'escarpement du Lutétien. Sur la moitié Sud-Ouest du souterrain (côté plateau), on voyait le contact du Sparnacien et du Calcaire grossier inférieur à *Nummulites lœvigatus* et dents de *Lamna*, en bancs horizontaux; sur la moitié Nord-Est (côté Seine), on rencontrait d'énormes masses de Calcaire grossier supérieur, à *Orbitolites complanatus*, inclinés à 45°, et reposant directement sur l'Argile plastique. Dans les intervalles séparant cette argile plastique du Calcaire à *Orbitolites complanatus*, se voyait une marne jaunâtre, inconsistante, sableuse, à silex blonds roulés.

A l'angle des rues Kléber et Parmentier, une fouille a montré un lambeau de Lutétien supérieur d'environ 150^m³, incliné à 45° NE, reposant sur le Sparnacien à la cote + 32,00; le banc de roche était situé ici à la cote + 37,00, alors que cette couche est à + 54.00 sous le plateau d'Ivry.

Ces dénivellations ne peuvent être attribuées, ni à des failles, à cause de la régularité du substratum, ni à la solifluction, vu l'importance des massifs descendus.

La base du calcaire éboulé étant toujours constituée par le banc royal (à *Orbitolites complanatus*), il s'agit d'un niveau d'érosion bien marqué, situé à 8^m du sommet du Calcaire grossier. Le Lutétien inférieur, érodé sur une hauteur de 12^m, comprend les lambourdes, les bancs coquilliers et chlorités, tendres pour la plupart, parfois même sableux.

Les phénomènes observés s'expliquent ainsi :

Lors de la remontée des eaux du fleuve quaternaire précédant le dépôt de la basse terrasse, les courants, volumineux et très rapides, ont exercé une action mécanique puissante sur le calcaire grossier inférieur, l'érosion s'effectuant jusqu'aux couches plus dures du Lutétien supérieur, dont la base est ici à + 47 environ. Ce dernier, placé en encorbellement sur la berge sous-cavée, s'est éboulé quand l'affouillement a atteint une certaine importance; il a entraîné dans sa chute les éléments de la terrasse supérieure, les limons de plateaux et le matériel des marnes et caillasses, qui ont comblé les intervalles situés entre les éboulis et la berge abrupte.

Le même phénomène a été constaté également à Paris, où l'on connaît une berge lutétienne éboulée au pied de la colline de Chaillot; la zone effondrée, longue de 1000^m et large de 100^m, amène le Lutétien à la cote + 31^m au contact de l'argile plastique, affouillée et réduite à 8^m d'épaisseur, alors que le contact se fait à + 38 à la limite du massif en place. De même, au pont de Suresnes, un banc de calcaire grossier de 2^m,40 a été repéré par sondage sur la base de l'argile plastique, réduite également à 8^m.

G. F. Dolfus (²) a noté qu'à Médan (Seine-et-Oise) l'affouillement des Sables de Cuise a provoqué la chute des calcaires lutétiens. Il est curieux de constater qu'à Saint-Cloud on retrouve une corniche lutétienne éboulée, par suite de l'entraînement des Sables d'Auteuil; la chute atteint 5^m, et le Lutétien vient au contact de l'argile plastique à la cote $+58$, ce qui correspond à un niveau d'érosion plus ancien et contemporain de la terrasse de $20\text{-}30^m$.

Ces faits montrent que le fond et le bord des vallées parisiennes ont été l'objet d'actions morphologiques importantes pendant le Pléistocène; le démantèlement des massifs calcaires s'opérait par affouillement du pied des rives, pendant la période de turbulence où le fleuve édifiait les graviers de base des terrasses. Les exemples cités font aussi connaître deux stades d'érosion, relatifs aux terrasses de $20\text{-}30^m$ et de $10\text{-}15^m$.

MORPHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la stabilité de l'ornementation chez les espèces du genre* Pediastrum *Meyen.* Note de MM. **Marcel Lefèvre** et **Pierre Bourrelly**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

L'étude systématique des *Pediastrum* est rendue particulièrement délicate par les variations incessantes de forme que subit la cellule au cours de sa vie végétative. De nombreuses convergences morphologiques ont amené des confusions dans la distinction des espèces : réunion d'espèces distinctes en raison de la similitude de leurs formes séniles ou au contraire dissociation d'une même espèce en plusieurs autres distinctes faute de la connaissance exacte de ses limites de variation.

L'ornementation de la membrane pouvait, à notre sens, constituer un caractère spécifique de grande valeur, mais plusieurs auteurs (R. Chodat puis, plus récemment, E. Bigeard) lui déniaient toute stabilité, au moins dans certains groupes.

Nous avons tenté d'étudier l'ornementation des *Pediastrum* par la méthode des cultures cloniques.

Quatre *Pediastrum* du groupe *duplex* (le plus discuté) furent isolés, à la pipette capillaire, du plancton d'un même étang (Étang du Brochet, forêt de Rambouillet). L'un, de forme gracile, présentait une membrane lisse.

(²) *Notice sur une nouvelle Carte géologique des environs de Paris; Comptes rendus du Congrès géol. Intern. de Berlin*, 1885, in-8°, 123 p., 2 cartes, p. 122.

Les trois autres, de forme beaucoup plus compacte, montraient chacun une ornementation particulière : plissements anastomosés (*fig.* 6), plissements anastomosés ponctués (*fig.* 2), ponctuations ordonnées (*fig.* 3).

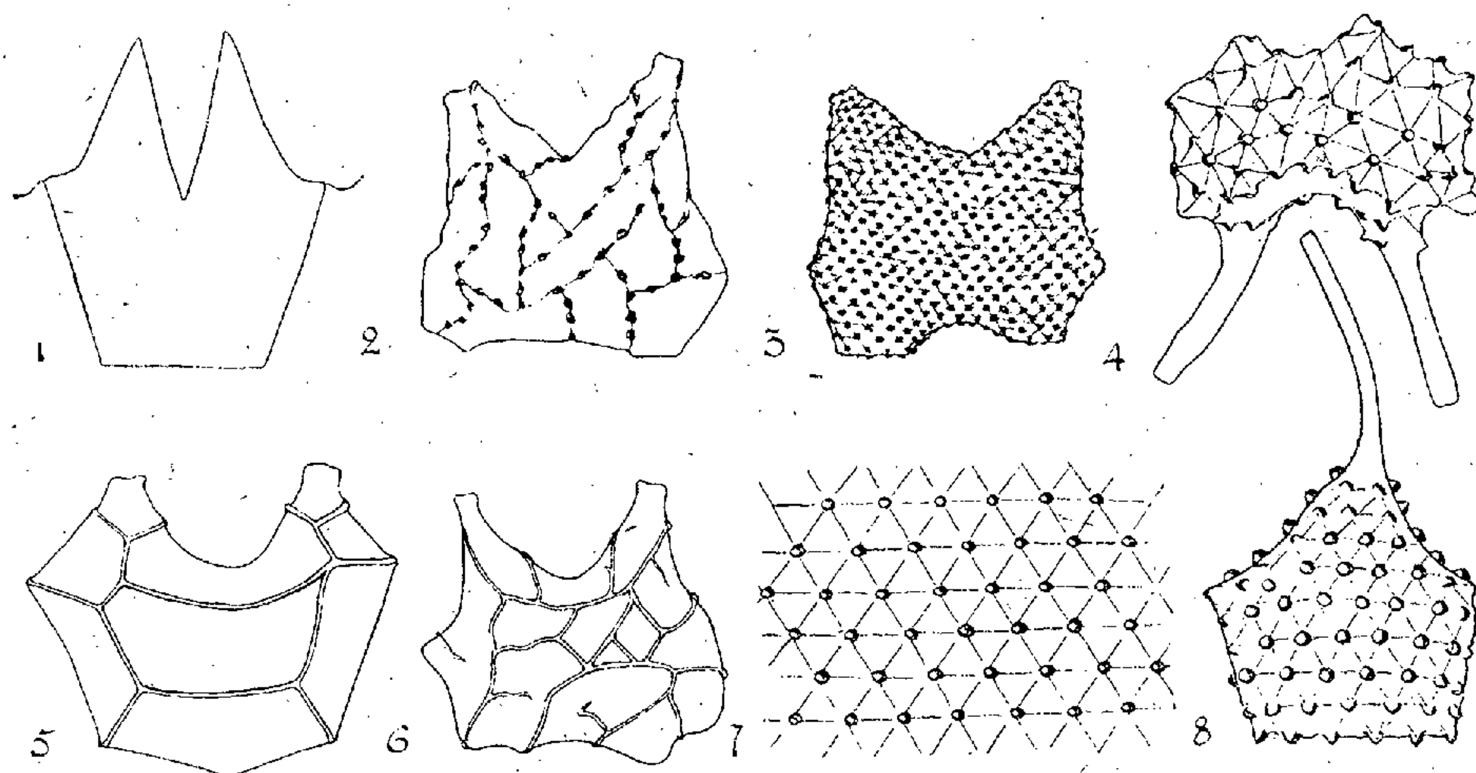


Fig. 1 à 8. — Ornementation de la membrane chez les *Pediastrum*.

Après un an et demi de culture dans un milieu de notre composition et dans le Detmer au 1/3, les clones sont restés rigoureusement semblables à eux-mêmes en forme et ornementation. D'autres *P. duplex* appartenant aux différents types ci-dessus et provenant de localités diverses ont montré en culture la même stabilité.

Enfin d'autres espèces lisses, ponctuées ou plissées (*P. angulosum* (Ehrenberg) Meneghini, *P. integrum* Nägeli, *P. Boryanum* (Turp.) Meneghini, *P. biradiatum* Meyen var. *longeocornutum* Gutwinski, *P. tetras* (Ehrenberg) Ralfs, *P. Boryanum* var. *longicorne* Reinsch, cultivées dans les mêmes conditions, se maintiennent rigoureusement semblables à elles-mêmes.

Nous sommes donc en mesure d'affirmer que les types d'ornementation, chez les *Pediastrum*, sont parfaitement stables et constituent des caractères spécifiques de grande valeur.

L'examen attentif des individus de culture nous a, en outre, permis d'effectuer certaines remarques intéressantes.

En effet, à l'encontre de l'opinion généralement admise, l'ornementation la plus puissante ne s'observe pas toujours, en culture, sur les cellules les

plus âgées. Il est donc maintenant établi que le facteur *vieillesse* n'intervient pas seul dans l'édification d'une ornementation bien marquée.

Enfin l'examen à un fort grossissement des cellules de culture nous a permis de constater sur toutes les espèces ponctuées (*P. duplex* var., *P. Boryanum*, *P. Boryanum* var., *P. integrum*, *P. simplex*), l'existence d'un réticulum très net voisin de celui que G. W. Smith a décrit sur *P. sculptatum* Smith.

Ce réticulum est formé de stries parallèles également espacées, orientées dans trois directions et se coupant à 60°. Aux points de contact sont situés les épaississements ornementaux qui occupent alors les sommets de triangles équilatéraux égaux et sont donc parfaitement ordonnés.

Chez les espèces ponctuées, la densité de la ponctuation ne varie que dans d'étroites limites : on ne trouve jamais, sur chaque face de la cellule de *P. Boryanum* var. *longicorne*, plus d'une trentaine de granules, tandis qu'il est courant d'en rencontrer une soixantaine sur *P. Boryanum* type.

En résumé, la membrane chez les *Pediastrum* peut être : lisse [*P. tetras*, *P. biradiatum* (*fig.* 1)], pourvue de ponctuations fines et denses réunies par un réticulum [*P. duplex* var., *P. Boryanum*, *P. integrum* (*fig.* 3)], de grosses granulations coniques dispersées réunies également par un réticulum [*P. simplex*, *P. Boryanum* var. *longicorne* (*fig.* 4 et 8)], recouverte d'un réseau irrégulier lisse [*P. duplex* type (*fig.* 6)], d'un réseau irrégulier ponctué [*P. duplex* var. (*fig.* 2)], d'un réseau plus régulier lisse [*P. angulosum* (*fig.* 5)].

Ayant mis en évidence, par les cultures cloniques, la constance des caractères ornementaux, ainsi que celle des caractères morphologiques généraux, nous pensons pouvoir établir, sur ces bases, une classification plus rationnelle des *Pediastrum*.

BOTANIQUE. — *La structure de la fleur des Polygonacées.* Note de M. **Louis Emberger**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

La structure de la fleur des Polygonacées, malgré les nombreux travaux qu'elle a suscités, n'est pas encore élucidée. L'opinion classique admet une structure 3-mère cyclique ou 5-mère acyclique avec des dédoublements d'étamines dans l'androcée externe. Cette interprétation repose sur la constance des trois étamines internes et des recherches ontogéniques (Payer, Schumann).

Nous avons repris ce problème et en résumons ici très brièvement les principaux résultats.

La méconnaissance des nectaires a été, croyons-nous, une cause importante des controverses. Nous pouvons affirmer que ces organes ont la valeur morphologique d'étamines et ne sont pas de simples émergences : ils font partie de l'androcée interne et la complètent numériquement ; les rapports qui existent entre nectaires et étamines, le fait que ces organes sont interchangeables, la vascularisation, lèvent tous les doutes sur leur valeur staminale. Pour l'interprétation exacte des faits, il y a seulement lieu de tenir compte que l'apparition d'une étamine à la place d'un nectaire détermine *ipso facto* le dédoublement de celui-ci ; inversement, l'étamine qui disparaît est remplacée par un nectaire simple.

Les Polygonacées à nectaires ont donc toutes un androcée interne *isomère*, mais *hétéromorphe*.

Ayant mis ces faits en évidence nous avons pu distinguer chez les Polygonacées deux plans floraux, dont l'un est réalisé chez *Fagopyrum*, *Polygonum* sp. plur., *Antigonon* etc. (*type Fagopyrum*), l'autre chez *Polygonum aviculare* et *Polygonum* sp. plur., ainsi que chez les Polygonacées multistaminées (*type Aviculare*).

Le type *Fagopyrum* est caractérisé par un périanthe simple et une androcée diplostémone isostémone : les étamines externes sont homomorphes et alternent avec les pétales, les internes sont hétéromorphes (puisque partiellement à l'état de nectaires) et épitépales. Nous n'avons constaté aucun fait en faveur d'un dédoublement de l'androcée externe ; celle-ci est originellement isomère. Le rapprochement, parfois observé, des étamines externes par paires, rapprochements qui peuvent aller jusqu'à la fusion, est en rapport avec le degré de recouvrement des tépales et la tendance à l'avortement qui *prédispose* aux anomalies (*Fagopyrum tataricum*). L'ontogénie ne conduit à aucune conclusion précise.

Les étamines externes, dans le type *Fagopyrum*, occupent l'emplacement exact d'une corolle : elles en sont l'homologue.

Supposons maintenant que les étamines externes qui ont une tendance à disparaître (*Fagopyrum tataricum*) avortent complètement et que les étamines internes soient homomorphes : ces fleurs auront un périanthe simple et une androcée réduite aux étamines internes, par conséquent *isostémone*, *épitépale*, *homomorphe*. L'androcée externe n'y existe pas et n'y a pas d'équivalent. Cette structure concrétise le type *Aviculare*.

Dans ce type l'androcée interne, la seule qui existe, est assez rarement à

cinq étamines épitépales simples; les étamines sont habituellement une ou plusieurs fois dédoublées, de telle sorte que les fleurs peuvent en contenir un nombre indéterminé. Quand elles en ont huit, elles simulent la structure *Fagopyrum*. Or il existe une différence fondamentale entre les fleurs 8-staminées des types *Fagopyrum* et *Aviculare* : celles du premier sont diplostémones, celles du second sont isostémones à étamines plus ou moins dédoublées.

On a beaucoup discuté pour savoir si la fleur primitive des Polygonacées est 3-mère ou 5-mère. Il résulte de nos recherches que ces deux types floraux sont sur le même plan et représentent simplement deux tendances d'une même organisation fondamentale, fait clairement exprimé par les nombreuses espèces portant à la fois, et sur le même individu, des fleurs de l'une et de l'autre structure. Ce plan général était indiscutablement du type *Fagopyrum*, mais avec une androcée diplostémone et homomorphe et périanthe toujours simple ([1]).

Cet ensemble de faits nouveaux précise la morphologie florale des Polygonacées : par son périanthe simple et son androcée homologue d'une corolle, la fleur des Polygonacées annonce la fleur complète des Dialypétales; on pourrait dire que les plantes de cette famille sont des *Prémétachlamydées*. De plus, ces faits mettent en lumière l'importance systématique des Polygonacées, leurs affinités déjà connues avec les Chénopodiacées, les Caryophyllacées, et justifient l'opinion d'Hutchinson, qui fait des Paronychiées une famille spéciale, directement rattachée aux Polygonacées, les Illécébracées.

BOTANIQUE. — *Un type aberrant de Légumineuses-Césalpiniées de Madagascar*. Note de M. **Henri Humbert**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Nous avons fait connaître ([1]) un genre malgache de Cucurbitacées qui est à compter parmi les cas les plus remarquables d'endémisme insulaire remontant à un lointain passé géologique. Un autre végétal non moins intéressant se rencontre dans les mêmes formations xérophiles du Sud, et

([1]) La nature spiralée de la fleur des Polygonacées, même celle des fleurs 3-mère ne nous paraît pas douteuse.

([1]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 220.

aussi dans les stations les plus arides de l'Ouest et même de l'extrême Nord, là où règne un climat à saison sèche très accusée. C'est un petit arbre dont les premiers spécimens avaient été envoyés au Muséum par Geay dès 1909. Depuis lors plusieurs botanistes l'ont examiné sans se mettre d'accord *sur la famille* même à laquelle il se rapporte, tellement est insolite l'ensemble des caractères offerts par ses fleurs et surtout par ses fruits.

Haut de 5 à 6 mètres, il présente des feuilles alternes composées-bipennées, à rachis primaire et secondaire un peu renflés et articulés à leur base, à folioles entières généralement alternes sauf à l'extrémité des rachis où les deux dernières s'opposent en paire terminale.

Les fleurs, diclines par avortement (dioïques), petites, verdâtres, en grappes composées axillaires, sont actinomorphes et tétramères, sauf en ce qui concerne le gynécée : sur un réceptacle cupuliforme court s'insèrent alternativement (fl. ♂ et fl. ♀) 4 sépales dont 1 postérieur, 4 pétales égaux imbriqués, 4 étamines égales à anthères biloculaires introrses dorsifixes, 4 staminodes. Les fl. ♂ ont un pistillode semblable à l'ovaire mais minuscule. Dans les fl. ♀ les 4 étamines sont semblables à celles des fl. ♂, mais leurs anthères sont plus petites et le pollen est abortif; l'ovaire, stipité, est libre, zygomorphe, uniloculaire, à contour elliptique, atténué aux deux extrémités, à flancs déprimés entre deux paires inégalement accusées de plis longitudinaux aigus; il se prolonge par un style assez court recourbé vers la face placentaire de l'ovaire et il se termine par un stigmate capité-réniforme à échancrure tournée vers cette même face; il renferme un seul ovule, anatrope, pendant, à raphé interne, attaché vers le haut du placenta, qui est équidistant des deux plis étroits du péricarpe.

L'examen anatomique démontre qu'il s'agit d'un seul carpelle excentrique du type des Légumineuses : un large faisceau vasculaire occupe la position médiane antérieure (abaxiale) normale; le faisceau placentaire (adaxial) lui fait face; les plis ne sont vascularisés que par des ramifications, arquées-divariquées, du faisceau carpellaire médian. Au cours du développement, les deux paires de plis s'accroissent fortement en restant inégales; chaque pli, fermé par accolement des portions du péricarpe qui le constituent, se prolonge en aile membraneuse. Finalement le fruit mûr ne ressemble à aucun des types, si variés pourtant, offerts par la carpologie comparée de cette vaste famille, et c'est ce qui avait arrêté les morphologistes.

Le fruit, sec, indéhiscent, monosperme, est une *gousse samaroïde tétraptère* (d'environ 30 sur 25^{mm}) à contour obovale; la partie séminifère (d'environ 15 sur 4^{mm}), oblongue, est en fort relief sur le plan des deux grandes ailes membraneuses (larges d'environ 10^{mm}), qui la cernent de

toutes parts sur sa face abaxiale, se contractent vers le gynophore (long de 5^{mm}) et s'échancrent vers la base du style induré; les deux petites ailes (larges d'environ 3^{mm}) correspondant à la face adaxiale du fruit sont vaguement parallèles aux grandes dont elles reproduisent à peu près le contour, mais elles s'atténuent aux extrémités. La graine, volumineuse (8 sur 5^{mm}), oblongue, rétrécie à son extrémité supérieure, près de laquelle se trouve le hile, suspendue par un funicule mince, est bitegminée, à tégument externe lisse, brun rougeâtre, pourvue d'un albumen non ruminé, assez épais, sauf vers l'extrémité radiculaire où il manque; l'embryon est droit, à cotylédons accolés dans le plan du raphé devenu latéral par compression.

Cette espèce constitue le type d'un genre nouveau, *Tetrapterocarpon*. Voici les diagnoses générique et spécifique :

Tetrapterocarpon H. Humb., gen. nov. (*Eucæsalpinieæ*). — Flores diclini pedicellis basi articulatis. Receptaculum discifer concavum. Sepala 4, æqualia. Petala 4, imbricata, aequalia. Stamina 4, libera, æqualia, antheris introrsis dorsifixis, longitudinaliter dehiscentibus. Staminodia 4 (filamentis abbreviatis haud antheriferis constituta). Pistillodium in fl. ♂ ovario simile, sed minimum. Ovarium in fl. ♀ stipitatum, liberum, 4-plicatum, 1-ovulatum, stylo brevi, stigmate capitato-reniformi. Legumen indehiscens membranaceum, obovatum, dorsiventraliter compressum, 4-alatum, alis externis latioribus. Semen 1, ovoideum, albuminosum; cotyledones planæ; radicula recta.-Arbor parva dioica, inermis. Folia bipinnata alterna, foliolis sæpius alternis, ultimis bijugis; stipulæ caducæ. Flores minimi, racemosi, racemis axillaribus. Bracteæ et bracteolæ minimæ.

T. Geayi H. Humb., sp. nov. — Folia glabra petiolo ca. 5^{cm} longo, pinnis lateralibus (2-4-jugis) et terminali ca. 10^{cm} longis, foliolis ($18-25^{mm}$ longis, $6-9^{mm}$ latis), 5-7 jugis integris obovato-oblongis petiolulatis, cuneatis, retusis vel emarginatis. Racemi pedunculati laxe pyramidales ($6-10^{cm}$ longi, 5^{cm} inferne lati); ramuli (1-et 2-ordinis) et pedicelli ($1^{mm},5$ longi) minute puberuli. Flores (antheris flavis exceptis) pallide virides ($4-5^{mm}$ diam.); sepala minuta ovata puberula; petala obovata patentia glabra; filamenta basi et apice pilosa; staminodia pilosa; ovarium (vel pistillodium) glabrum. Typi : Geay 3343; H. Humbert 12827.

Par l'organisation générale, ce genre singulier se place dans les Eucésalpiniées. Deux bractéoles latérales encadrent le pédicelle. Dans le très jeune bouton, les sépales antérieur et postérieur recouvrent les deux sépales latéraux. La préfloraison de la corolle, imbriquée, varie; le pétale recouvrant peut être l'antérieur droit ou l'antérieur gauche, parfois l'un des autres pétales, comme si ce caractère était mal fixé, bien qu'il s'agisse d'un genre sans proches alliés connus et faisant incontestablement partie d'un très vieil élément endémique malgache, fait à rapprocher de ce que nous avons signalé au sujet du g. *Xerosicyos*. D'autres genres endémiques,

non moins isolés, de Césalpiniées à gousse samaroïde, font partie du même élément (*Bathiæa*, *Apaloxylon*); ils diffèrent de *Tetrapterocarpon* par le fruit monoptère, l'organisation générale de la fleur (pentamère dans *Bathiæa*, apétale dans *Apaloxylon*) et par les feuilles simplement pennées.

MYCOLOGIE. — *Sur l'existence de Bolets à tubes libres.*
Note de M. **Roger Heim**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Sous les noms d'*Ixechinus majus* et *minus* (nov. gen., nov. sp.) nous caractériserons ici un groupe de Bolets, constituant la tribu nouvelle des *Ixechineæ*, que M. R. Decary nous a fait parvenir de Madagascar où il les avait recueillis dans les bois à Chlénacées du domaine du Centre, sous une Euphorbiacée endémique, *Uapaca Bojeri* H. Baill., communément appelée *tapia*. Ces champignons manifestent quelques particularités remarquables : ils sont *entièrement* glutineux par l'humidité, leurs spores amygdaliformes-allongées (*calibrées* chez *minus*) et citrin très clair; le stipe central et continu avec le péridium se montre très grêle, strié-côtelé non réticulé, la chair molle privée apparemment de boletol; l'hyménium, distant du stipe, est formé de tubes cylindriques, simples, très longs, charnus-élastiques, séparables isolément du plan inférieur du péridium et entièrement indépendants les uns des autres, c'est-à-dire fixés à leur seule extrémité fermée supérieure. Mais cette dernière disposition n'est pas absolument primitive : elle est due à un phénomène d'ordre histochimique superposé à une particularité structurale, que nous avons pu préciser.

En effet ces tubes sont d'abord séparés l'un de l'autre par une trame faite de deux épaisseurs lacuneuses réunies par un médiostrate très étroit, qui, multiplié sur l'ensemble du volume hyménial, dessine une sorte d'ossature de celui-ci, constituée d'hyphes grêles enchevêtrées, et visible sur le sec. Dans les deux zones latérales lacuneuses, ou moitiés de trame, seuls quelques filaments circulent, échappés de la mince zone médiane plus cohérente. Du moins cet agencement est-il celui qu'offre le champignon à l'état frais mais non imbu, ou à l'état sec. Au contact prolongé de l'eau, ces filaments, de nature pectosique, se gélifient et produisent un mucus qui libère complètement les tubes proprement dits, composés de la couche cylindrique-annulaire formée de l'hyménium (basides et poils cystidiformes) et du mince sous-hyménium qui le supporte. Sous l'action de cette gélification, ces derniers éléments hyméniaux s'allongent et se gonflent à leur tour; l'hyménium, complètement désarticulé, se développe ainsi

comme un éventail sphérique piqueté régulièrement et densément de tubes érigés, mimant des aiguillons creux, tandis que la partie supérieure du péridium, comprimée, s'affaisse vers le centre, donnant au chapeau un aspect fortement déprimé. En même temps, ce péridium hérissé se trouve, comme le stipe, entièrement englué dans un mucus filant.

Cette structure met en évidence la séparabilité totale quoique non entièrement initiale des tubes, autrement dit le clivage de la trame sous une cause naturelle.

Quoiqu'il conviendrait de mieux connaître l'anatomie des Boletés avant de tirer de l'étude des *Ixechinus* toutes les déductions possibles, ce premier exemple de Bolets à tubes entièrement libres montre qu'on ne saurait opposer *a priori* ce caractère extrême à celui d'autres Bolets à trame seulement peu séparable. Il appuie également l'impossibilité d'admettre l'opposition classique entre les prétendus *tubes* libres des Fistulines (en réalité primitivement indépendants, d'abord fermés, non entièrement creux, mais cupulaires et partiellement fertiles à la fin) et les tubes prétendus toujours non séparables des Bolets, opposition qui reposait sur une fausse homologie (puisque ces deux éléments hyméniens n'ont respectivement dans ces deux groupes ni la même origine ni la même valeur), et sur une erreur de fait qu'amplifie l'existence des *Ixechinus*. Pareillement, aucune assimilation n'est permise entre les tubes libres de ceux-ci et les cylindres hyméniens des Fistulines, dont la libération est due à des causes différentes.

Cette discussion apporte un argument nouveau en faveur de la thèse que nous défendons sur l'hétérogénéité et le polyphylétisme non seulement de l'*Ordre* friésien démesuré des *Polyporei*, mais aussi du groupe classique des Bolets dont la multiplicité des affinités, démontrée par les diversités chimiques, biologiques, sporales (formes, ornementations, couleurs), par la structure et l'origine de l'hyménium, n'est que masquée par la convergence morphologique toute artificielle de la surface hyménifère vers le type poré. Cette dernière configuration réunit chez les Hyménomycètes les aspects de simple ressemblance physionomique que peut revêtir l'hyménium de champignons appartenant à des groupes essentiellement différents, Aphyllophorales (Poro-Hydnés, Cyphellacés), Fistulinales, Agarics vrais (Collybies, Marasmes et Omphalies porés; *Favolaschia* etc.), formes agaricoïdes (*Gomphidius-Paxillus-Phylloporus-Xerocomus* pr. p.), formes polyporoïdes (?) (*Gyrodon*), formes gastéroïdes (Strobilomycetales), enfin Bolets *sensu stricto*, dont les *Ixechineæ* ne sauraient être séparés.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Nature du glucide d'un hybride obtenu entre deux genres de Graminées différant par leurs réserves glucidiques.* Note de MM. **Antoine de Cugnac** et **Henri Belval**, présentée par M. Marin Molliard.

En fécondant *Elymus riparius* Wiegand par le pollen d'*Agropyrum caninum* Roem. et S., l'un de nous a obtenu un hybride intergénérique : ×*Agroelymus Piettei* A. de Cugnac, dont l'étude morphologique sera publiée ailleurs. Cette Note traitera seulement des glucides de réserve des parents et de l'hybride.

On sait que les genres *Agropyrum* et *Elymus*, rangés dans la tribu des Hordéées, se distinguent aisément l'un de l'autre par les caractères morphologiques de l'épi : *Agropyrum* appartient à la sous-tribu des Triticinées caractérisée par la présence d'un seul épillet à chaque dent du rachis; *Elymus* appartient à la sous-tribu des Hordéinées (ou Elyminées) caractérisée par la présence de plusieurs épillets à chaque dent du rachis. Les espèces typiques ne diffèrent pas moins par la nature de la réserve glucidique : *Agropyrum repens* renferme de la triticine (¹); *Elymus arenarius* contient de l'élymoside (²). Qu'en est-il d'*A. caninum*, dont Husnot fait le type du genre *Goulardia;* d'*E. riparius*, les systématiciens hésitant souvent entre les deux genres voisins *Elymus* et *Hordeum?*

1° *Agropyrum caninum* Roem. et S. — C'est pour des raisons morphologiques de minime importance que Husnot élimine cette espèce du genre *Agropyrum*. On pouvait donc s'attendre à y retrouver la même substance de réserve que dans les autres *Agropyrum* déjà étudiés : *A. repens*, *A. pungens*, *A. junceum*, *A. acutum*. De fait, le produit qu'on en retire possède un pouvoir rotatoire égal à $-48°$ ou $-49°$, qui devient sous l'action des acides sensiblement égal à celui du fructose pur, et ni l'oxydation par le brome ou par l'iode, ni le dosage sélectif du fructuose par la liqueur d'Ost ne permettent de conclure avec certitude à la présence d'un sucre aldéhydique dans les produits d'hydrolyse; à l'état pur, il n'est pas transformé par les extraits de levure obtenus par macération putride et ne l'est que très lentement par les autolysats aseptiques. Autant de propriétés

(¹) A. de Cugnac, Thèse Doct., Paris, 1930.

(²) H. Colin et H. Belval, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 191; H. Belval, *Rev. Gén. Bot.*, 50, 1938, p. 16.

de la triticine, considérée à bon droit comme un *fructoholoside*. Du point de vue chimique par conséquent, le genre *Goulardia* ne s'impose nullement : le parent mâle est un véritable *Agropyrum* au même titre que les autres espèces du genre.

2° *Elymus riparius* Wiegand. — Les *Elymus* étudiés jusqu'à présent, *E. arenarius*, *E. giganteus*, *E. sabulosus*, *E. curvatus*, renferment tous le même glucide de réserve, l'élymoside. Il se distingue facilement de la triticine par ses pouvoirs rotatoires, —43° et —83°, avant et après hydrolyse ; par l'action des extraits de levure qui le tranforment lentement mais intégralement; surtout par la présence de 5 à 6 pour 100 de glucose dans les produits d'hydrolyse. Sur ce point, aucun doute n'est possible : le glucose a été mis en évidence à l'état de méthylglucoside cristallisé, et les dosages à l'iode, au brome et par la liqueur d'Ost confirment cette proportion de glucose. Or, entre le glucide lévogyre de l'*Elymus arenarius* et l'élymoside pur, il y a identité absolue : mêmes pouvoirs rotatoires, même vitesse d'hydrolyse par la sucrase, même teneur en glucose des produits d'hydrolyse. C'est donc bien l'élymoside, *fructoglucoholoside* à 5 pour 100 environ de glucose, que renferme le parent femelle.

3° Hybride × *Agroelymus Piettei* A. de Cugnac. — Issu de parents élaborant l'un de la triticine, l'autre de l'élymoside, l'hybride pouvait tenir son activité physiologique soit du pollen, soit de l'ovule, soit des deux ensemble.

Tout d'abord, on trouve, pour les pouvoirs rotatoires du glucide extrait de l'hybride, des valeurs constamment comprises entre —46° et —48°, tandis que, après hydrolyse, elles sont voisines de —87°. Aux erreurs d'expérience près, c'est ce qu'on obtient avec la tricitine. Comme avec la tricitine encore, la recherche du glucose dans les produits d'hydrolyse conduit à des résultats négatifs. Le tableau ci-dessous résume une série d'expériences effectuées par les méthodes classiques et dans des conditions rigoureusement identiques, sur la tricitine, l'élymoside et le glucide de l'hybride.

Glucide.	$[\alpha]_D$ initial.	$[\alpha]_D$ après hydrol.	Glucose trouvé par oxydation par Br.	Glucose trouvé par liqueur d'Ost.	Iode fixé pour 100 (en mg.).
Fructose pur	—90°	–	(oxyd. 1 %)	–	2,03
Mélange (Glucose 5 %; Fructose 95 %)	—85	–	5 %	4,9 %	7,40
Tricitine (*Agropyrum caninum*)	—49	—90°	2,2	0,6	2,39
Élymoside (*Elymus riparius*)	—43	—83	6,5	5,5	8,06
Glucide de l'hybride (*Agroelymus*)	—47	—87	1,2	2,0	2,56

On ne peut manquer d'apercevoir l'extrême analogie qui se manifeste entre le produit de l'hybride et la *triticine,* glucide de réserve du parent mâle. Les dosages par l'iode, de beaucoup les plus sensibles, apparaissent concluants à cet égard. Par contre l'élymoside paraît absent chez l'hybride, au moins dans les limites de sensibilité des dosages, fait d'autant plus intéressant qu'il s'agit du glucide de réserve de l'espèce employée comme mère dans le croisement. S'il y en a, ce ne pourrait être qu'en quantité nettement inférieure à celle de la tricitine, et non dosable, car les méthodes deviennent imprécises pour les quantités très faibles de glucose, correspondant à un tel mélange. De toute façon, l'action du pollen sur l'ovule paraît avoir modifié assez profondément l'activité physiologique de l'hybride pour provoquer l'élaboration d'un fructoholoside semblable à celui du père, au lieu du fructoglucoholoside de la mère, fait qui demeure acquis même si l'on ne peut affirmer avec certitude qu'il ne subsiste pas quelque trace de ce dernier chez l'hybride.

Quoi qu'il en soit, cette expérience démontre la possibilité d'hybridations entres plantes à réserves glucidiques différentes. L'identité des glucides des deux parents n'est donc pas, comme certains ont cru pouvoir l'avancer, une condition nécessaire et suffisante de succès. Par ailleurs, il faut bien reconnaître que la différence entre la tricitine et l'élymoside est minime : les deux substances ne se distinguent que par une proportion de glucose voisine de 5 pour 100. Plus élevée, celle-ci créerait-elle un obstacle insurmontable ? D'autres expériences seraient nécessaires pour apporter une réponse sur ce point.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Domaine de stabilité de la symbiose lichénique. L'énantioxérie.* Note de M. **R. Dughi**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

On admet classiquement que les Lichens se distinguent des Champignons et des Algues par leur pouvoir de reviviscence beaucoup plus accentué et qui intéresse, à la différence de ce qu'on observe chez les Champignons, le corps tout entier, y compris les organes de fructification. A cette vue théorique, on peut opposer des faits qu'on n'a pas pris jusqu'ici en suffisante considération : 1° il existe une multitude de Champignons doués des *mêmes propriétés de reviviscence que les Lichens* (Pseudolichens, Champignons parasites ou parasymbiotes des Lichens, Demi-Lichens de

Zukal) (¹); 2° les types d'Algues aériennes représentées parmi les gonidies sont capables, elles aussi, d'une résistance marquée à la sécheresse; 3° quelques indications enfin, notamment de Jumelle (²), qui constatait une forte diminution des échanges gazeux et même la disparition de la photosynthèse chez plusieurs espèces communes après trois mois de siccité, suggèrent que la sensibilité des Lichens à la sécheresse serait en général plus grande qu'on ne le supposait *a priori*.

Ces premières données, suffisantes pour montrer que la *reviviscence des Lichens n'est pas directement liée à la symbiose*, méritaient d'être étendues et complétées. Dans ce but nous avons choisi une centaine de Lichens corticoles très répandus qui furent suivis concurremment sur les Pins de Provence dans des stations de climat aussi varié que possible et au laboratoire après des séjours de durée croissante en herbier ou simplement en atmosphère sèche. D'autres recherches furent également faites sur les Collémacées saxicoles de la Provence. Plusieurs années d'observations nous ont amené aux conclusions suivantes :

1° Outre le ralentissement graduel des échanges gazeux, l'effet nocif de l'anhydrobiose sur les Lichens se manifeste encore, avec un certain retard, par *des lésions cellulaires bien visibles :* diminution définitive des dimensions et déformation des articles du Champignon ou des cellules gonidiales, colorabilité immédiate par le rouge neutre et l'éosine et rétractation des contenus cellulaires, coalescence des inclusions huileuses cytoplasmiques, coloration des réserves oléagineuses des gonidies-protococcacées par les pigments caroténoïdes;

2° Ces lésions atteignent d'abord les gonidies puis le Champignon chez les Lichens à gonidie-Protococcacée, le Champignon puis la gonimie chez les Lichens à gonidie-Cyanophycée, et s'étendent ensuite à tout le thalle. Seuls, les Lichens crustacés hypophléodes sont le siège d'une altération concomitante de leurs constituants. L'altération du Champignon commence toujours par les spores.

3° Des lésions assez profondes de l'ensemble du Lichen et surtout des lésions plus marquées d'un des deux symbiotes entraînent *un déséquilibre physiologique et la destruction partielle ou totale du complexe lichénique.* Ce sera par conséquent tantôt la gonidie (Lichens à Chlorophycées),

---

(¹) Les Demi-Lichens vivent tantôt en association avec des Algues, tantôt en parasites ou en saprophytes.

(²) *Rev. Gén. de Bot.*, 4, 1892, p. 29-30.

tantôt le Champignon (Lichens à Cyanophycées) qui réglera *l'amplitude de la résistance à la sécheresse* d'une espèce définie de Lichen. Cependant l'un des symbiotes peut protéger l'autre contre une dessiccation trop rapide et, toutes choses égales d'ailleurs, les premiers stades de la synthèse lichénique, les sorédies et les thalles primaires sont plus sensibles que les thalles secondaires et les diaspores amphigènes cortiquées [fragments de thalle, isidies, papilles scortéales, tubercules, etc. (3)].

4° La résistance à la sécheresse, que nous nommerons *énantioxérie* (4), mesurée par le temps de siccité qui cause les premières lésions cellulaires visibles ou appréciées par le microclimat des stations les plus sèches où puisse vivre un Lichen donné, est très *variable suivant les espèces*. Celles-ci peuvent être rangées en séries continues d'énantioxérie croissante ou décroissante ou comparées à des espèces fréquentes choisies comme parangons. Les plus énantioxères des épiphytes des Pins de Provence, le *Physcia leptalea* var. *tenella* et la *Xanthoria parietina*, sont déjà gravement lésés par deux mois environ de siccité complète.

L'énantioxérie apparaît donc finalement comme *l'expression des limites du domaine d'existence de la symbiose lichénique sous le rapport du rythme des périodes de siccité des Lichens* dans leurs stations naturelles. Inversement, nous appelons *énantiohygrie* les limites du domaine d'existence du complexe lichénique selon le rythme des périodes d'imbibition.

---

(3) Cette protection est faible. Le vrai rôle protecteur du Champignon ou de l'Algue sur son associé est d'un autre ordre. Toutefois signalons le cas des gonidies *Trebouxia* des Théloschistacées : ces gonidies, placées sous un cortex riche en pariétine, ne reçoivent que les radiations les moins réfrangibles du spectre, à partir de la raie F environ.

(4) Nous réservons le terme *d'énantioxérancie* pour la résistance des Lichens à la *dessiccation*. D'après M. Hilitzer l'évaporation de l'eau absorbée par les Lichens obéit à l'équation $P_t = 100\,k^t$, où P_t est le pourcentage de la capacité totale en eau après un temps t d'évaporation, k un coefficient plus petit que l et qui dépend du Lichen, de la température, du déficit de saturation de l'air etc.; l'ensemble des valeurs de k pour un Lichen déterminé exprime *l'énantioxérancie* de ce Lichen.

PHYSIOLOGIE. — *Curarisation et chronaxie.* Note de M. **P. de Berredo-Carneiro**, présentée par M. Paul Portier.

Après avoir isolé la strychnoléthaline du curare et de *Strychnos lethalis* Barb. Rod. (1) par le réactif de Gabriel Bertrand (2), nous avons procédé à l'étude comparative de l'action pharmacodynamique de cet alcaloïde et du poison à flèche dont il fut extrait. Nous nous sommes servi, dans ce but, de deux échantillons différents de curare : le premier provenait directement des indiens Ticunas; le second faisait partie de la collection de Paul Bert et nous fut donné par M. P. Portier. Ces recherches nous ont conduit à de nouvelles données concernant le phénomène de la curarisation.

Claude Bernard, le premier, analysa minutieusement ce trouble fonctionnel. L. et M. Lapicque en ont repris l'étude et lui donnèrent une interprétation nouvelle (3). D'après leurs vues, le muscle et le nerf à l'état normal sont *isochrones;* quand la curarisation apparaît ils se montrent *hétérochrones*. Aussitôt que la chronaxie du muscle atteint une valeur double de celle du nerf, son excitabilité indirecte est abolie, ce qui a porté Lapicque à ériger en loi générale que l'isochronisme du nerf et du muscle est la condition nécessaire à la transmission.

Afin d'établir, préliminairement, que la strychnoléthaline est une base curarisante, dans le sens attribué par Claude Bernard à ce terme, nous avons répété ses expériences classiques sur la Grenouille, en interceptant le passage du sang artériel dans les pattes du train postérieur par la ligature des artères, tout en laissant intacts les nerfs qui font communiquer ces membres avec la moelle épinière. Aussi bien avec la strychnoléthaline qu'avec nos deux échantillons de curare, les résultats furent concordants : conservation de la sensibilité et abolition de la motricité. Mais, contrairement à l'observation de Claude Bernard, le sciatique des Grenouilles complètement paralysées continue de transmettre l'excitation électrique. Cette divergence nous semble provenir du fait que Claude Bernard curarisait ses animaux d'expérience par l'insertion sous-cutanée d'un

(1) P. de Berredo-Carneiro, *Comptes rendus,* **206**, 1938, p. 1202.

(2) *Comptes rendus,* **128**, 1899, p. 742; *Bull. Soc. Chim.*, **21**, 1899, p. 434.

(3) Louis Lapicque, *L'excitabilité en fonction du temps,* 1926. *La chronaxie et ses applications physiologiques,* 1938.

fragment de curare, sans pouvoir nullement contrôler la dose effective de poison introduit dans l'organisme. Très probablement les proportions relativement énormes de principes actifs ainsi absorbés entraînaient rapidement l'altération du tissu nerveux. Nous sommes en effet arrivé au même résultat par l'emploi d'une dose cent fois plus grande que celle nécessaire à provoquer la paralysie.

La définition même de la curarisation étant ainsi mise en jeu, l'examen approfondi de la question, du point de vue de la chronaxie, s'imposait. Nous l'avons entrepris en employant le procédé de Lapicque par les condensateurs. Nos essais ont porté sur le sciatique-gastrocnémien de grenouille, tantôt à l'état normal, tantôt sous l'action du curare ou de la strychnoléthaline, en solutions titrées. Les doses mortelles de cet alcaloïde par voie sous-cutanée sont de $1^{\gamma},4$ par gramme pour le Cobaye, et de 1^{γ} par gramme pour le Lapin. La Grenouille supporte des doses bien plus fortes; on peut, cependant, la paralyser totalement avec 2^{γ} par gramme.

En ce qui concerne le nerf et le muscle des Grenouilles normales, nos déterminations coïncident parfaitement avec celles publiées par L. et M. Lapicque. Par contre, sur des Grenouilles paralysées, soit par la strychnoléthaline, soit par le curare, avec 2^{γ} de principe actif par gramme, nos mesures de chronaxie nous ont conduit à des résultats différents. La composition de ce poison étant jusqu'alors inconnue, les physiologistes ne pouvaient pas fonder leurs expériences sur des données quantitatives. D'autre part, les différents curares d'origine indienne, provenant de la décoction de nombreuses plantes inconnues, peuvent éventuellement provoquer, en plus de la curarisation, d'autres troubles neuromusculaires. Le tableau ci-après reproduit quelques-unes des valeurs que nous avons trouvées sur une vingtaine de Grenouilles examinées. Deux faits nouveaux ressortent de ces expériences : 1° l'augmentation de la chronaxie du gastrocnémien par l'effet de la strychnoléthaline ou du curare peut atteindre des valeurs dix fois plus grandes que la valeur normale sans entraîner l'abolition de l'excitation électrique indirecte; 2° chez la Grenouille paralysée par la strychnoléthaline ou par le curare, à des doses convenables, l'excitation indirecte donne pour la chronaxie des valeurs identiques à celles de la Grenouille normale.

Chronaxie du sciatique-gastrocnémien (excitation directe et indirecte) *en fonction du temps écoulé après la dissection* (τ, chronaxie en $m^{ième}$ de sec.).

Poids.	Temps.	Excitation directe.	Excitation indirecte.
I. — *Grenouilles normales.*			
g	h	τ	τ
58	1/2	0,38	0,29
46	3	0,37	0,31
II. — *Grenouilles paralysées par la strychnoléthaline.*			
65	1/2	3,93	0,26
45	2	2,59	0,29
III. — *Grenouilles paralysées par le curare des Ticunas.*			
52	1/2	3,96	0,34
63	4	2,88	0,31
IV. — *Grenouilles paralysées par le curare de la collection de Paul Bert.*			
75	1/2	4,20	0,38
48	2	3,66	0,33

La persistance de l'excitation au courant galvanique d'un muscle volontaire, à travers son nerf moteur, chez un animal curarisé, alors que l'isochronisme de l'état normal a fait place à un hétérochronisme prononcé, met en évidence l'abolition de l'excitation due à l'influx nerveux sans que l'excitabilité électrique disparaisse. On peut donc se demander si le processus physiologique de l'excitation ne diffère pas essentiellement de la stimulation électrique. De toute façon les notions acquises sur l'effet des poisons curarisants doivent être modifiées.

Observations de M. Louis Lapicque *au sujet de la Note précédente.*

Il y a deux points à distinguer dans la Note de M. de Carneiro; le premier concerne ma théorie de l'isochronisme; l'auteur apporte des résultats contraires à cette théorie; je les révoque en doute, mais ce sera un point à vérifier expérimentalement suivant les règles ordinaires de la discussion scientifique.

Au contraire, le second point doit être relevé sans plus attendre;

c'est à savoir l'affirmation du maintien de l'excitabilité indirecte par le nerf dans un muscle curarisé. Or la définition de Claude Bernard acceptée et vérifiée unanimement par la physiologie mondiale depuis trois quarts de siècle fait de la disparition de l'excitabilité indirecte le caractère essentiel de la curarisation; non seulement la paralysie par le curare s'explique de cette manière et de cette seule manière, mais encore on appelle, par extension *curarisation* toute paralysie provoquée par le même mécanisme au moyen de quelque poison que ce soit; et l'on connaît un grand nombre de substances curarisantes.

Par conséquent, quelles que puissent être les constatations expérimentales de M. de Carneiro, la notion d'excitabilité indirecte d'un muscle curarisé est inadmissible. Une paralysie produite en respectant cette excitabilité n'est pas une curarisation.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur l'hypoglycémie consécutive à l'absorption digestive de l'insuline.* Note de MM. **Francis Rathery, Maurice Dérot** et **Pierre-Marie de Traverse**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

L'action presque nulle de l'insuline par voie orale semble bien, en partie du moins, être sous la dépendance de deux facteurs : la destruction de l'hormone ou son inhibition par les ferments protéolytiques et la faible capacité d'absorption de la muqueuse digestive à l'égard de sa molécule déjà importante.

Nous avons essayé de limiter l'action de ces deux facteurs à l'aide d'antidiastasiques et de modificateurs de la tension superficielle ajoutés à l'insuline administrée, en nous inspirant des travaux de divers auteurs étrangers (Lasch, Schœnbrunn, Brügel).

Comme antidiastasique, nous nous sommes adressés à divers dérivés du triphénylméthane et du groupe des diazoïques. Nous n'avons jusqu'ici expérimenté comme modificateur de la tension superficielle que des saponines.

Nos expériences ont porté sur le Chien et sur le Lapin, la technique a été sensiblement la même pour les deux espèces : administration des mélanges par sonde gastrique au Chien anesthésié par le numal ou le chloralosane intraveineux, ou au Lapin non anesthésié. La glycémie a été suivie dans le sang artériel du Chien, dans le sang veineux du Lapin, pendant un temps variant de 6 à 24 heures. Les dosages ont été faits par la méthode de Baudouin.

a. Expériences sur le Lapin. — Voici quelques-unes des baisses maxima observées chez le Lapin :

	Insuline par kilogramme (unités).		Baisse de la glycémie.		Pour 100.
1 (témoin).	50	pure	1,22 à	1,09 [1]	—10
2.........	50	avec adjuvants	1,33	0,73	—45
3.........	50		1,13	0,53	—53
4.........	50		1,12	0,60	—46
5.........	50		0,96	0,76	—21
6.........	66		1,25	0,74	—41
7.........	100		1,10	0,84	—24
8.........	200		1,05	0,56	—47

L'abaissement maximum de la glycémie s'est produit de 30 minutes à 4 h. 30, après l'ingestion. L'hypoglycémie est importante, mais variable suivant les animaux, et il n'y a pas proportionnalité absolue entre la dose d'insuline ingérée et l'importance de la baisse du sucre sanguin. Ce phénomène a d'ailleurs été observé par l'un de nous à plusieurs reprises en ce qui concerne la voie parentérale.

b. Expériences sur le Chien. — Nous présentons ici cinq expériences caractéristiques chez des animaux de poids assez variable. Nous avons seulement changé la dose d'insuline ingérée.

1. 60 unités par kilogramme, la glycémie passe de 1,28 à 0,54 en 6 heures (— 58 %).

2. 30 unités par kilogramme, la courbe glycémique partant de 1,29 tombe à 0,79 en 1 heure, puis à 0,19 au bout de 4 heures, pour ne remonter qu'après 6 heures (— 85 %).

3. 30 unités par kilogramme, la glycémie partant de 1,18 baisse régulièrement jusqu'à la sixième heure, où elle atteint 0,19, à ce moment, après quelques convulsions, le chien meurt (— 84 %).

4. 20 unités par kilogramme, la courbe glycémique partant de 1,42 tombe à 0,64 en 5 heures, pour remonter à 0,90 au bout de 10 heures (— 0,55 %).

5. 10 unités par kilogramme, la glycémie observée pendant 12 heures a oscillé entre 1,25 et 1,83, elle s'est élevée après ce temps à 2,55, probablement sous l'influence des saignées répétées.

Ces résultats sont assez concordants; seule la cinquième expérience ne nous a pas donné de baisse, mais au contraire une poussée hyperglycémique; celle-ci s'explique par la faible dose d'insuline ingérée, laissant l'animal sous la seule influence des saignées répétées.

---

[1] Les pourcentages sont approchés à l'unité près.

Chez le Chien, comme chez le Lapin, la proportionnalité entre la baisse glycémique et la dose d'insuline est loin d'être constante. Ces faits, retrouvés déjà en cas d'injection parentérale, peuvent aisément s'expliquer.

Conclusions. — On peut obtenir, en utilisant la technique que nous avons employée, des baisses réelles de la glycémie en administrant l'insuline par la voie orale. Ces baisses peuvent être considérables et atteindre 85 pour 100.

Elles sont loin d'être exactement proportionnelles aux quantités d'insuline absorbées et ne se produisent qu'avec des doses au moins dix fois supérieures à celles qu'on utilise par voie parentérale.

Nous nous bornons à signaler actuellement le fait, qui présente en lui-même un certain intérêt. Mais nous ne prétendons nullement sortir ici du domaine expérimental. Nous ignorons tout, en effet, de l'action toxique que peuvent avoir, à longue échéance, des doses répétées des corps utilisés, malgré leur innocuité immédiate.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Les constituants chimiques des enveloppes des spermatophores de Céphalopodes.* Note [1] de Mlle **Maryvonne Hamon**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le spermatophore des Céphalopodes a été l'objet d'assez nombreuses recherches, portant sur sa morphologie et sa structure, son origine et son mode de formation, les procédés et les conditions de son ouverture et de sa déhiscence. Mais on ne trouve aucun travail sur la composition chimique de ses diverses parties.

Rappelons-en brièvement la structure : il comprend un dispositif interne composé de deux parties, le *réservoir spermatique* et l'*appareil éjaculatoire*, baignant dans une faible quantité de liquide et entourés de membranes formant un *étui* clos. Les seuls éléments vivants qu'il contienne sont les spermatozoïdes agglomérés dans le réservoir; les autres parties étant constituées par des substances anhistes, hyalines, de consistance cornée, assez élastique.

Les spermatophores employés, provenant des genres *Eledone*, *Octopus*, *Sepia* et *Loligo*, nous ont fourni des données concordantes dans tous les cas,

---

[1] Séance du 23 janvier 1939.

en ce qui concerne l'analyse chimique qualitative, qui seule fut effectuée. Celle-ci a été faite de deux façons différentes : *a*. en mettant les spermatophores entiers, frais ou fixés à l'alcool ou au formol, directement au contact des réactifs, qui préparent ainsi, par une hydrolyse partielle souvent, les réactions de coloration qui se produisent *in situ*; *b*. sur le produit de l'hydrolyse complète, effectuée, soit par les acides ou les alcalis à chaud, soit par les ferments digestifs. Le peu d'abondance du matériel nous a fait moins recourir à cette dernière méthode.

Les réactions classiques des protides réalisées directement sur les spermatophores (Millon, biuret, xanthoprotéique) sont toutes positives; mais montrent déjà une composition chimique nettement hétérogène de l'appareil. C'est ainsi que la réaction du biuret est fournie par toutes ses parties, mais surtout intensément par le liquide entourant le réservoir spermatique et l'appareil éjaculatoire, à l'intérieur de l'étui. Elle caractérise les corps contenant deux groupes $CONH^2$, relié entre eux comme dans le biuret, ou ceux qui renferment $CHOH\text{-}CHNH^2$, c'est-à-dire tous les protides.

Le réactif de Millon colore tout le spermatophore, mais plus fortement l'appareil de déhiscence. Il démontre la présence de corps phénoliques dans la molécule protéique, dont la tyrosine et aussi le tryptophane.

La réaction xanthoprotéique, qui est due à la formation de nitrodérivés avec les noyaux cycliques et hétérocycliques, est également positive, et particulièrement intense aussi sur l'appareil de déhiscence.

D'autre part, si on essaie la réaction de Molisch-Udransky, qui indique la présence d'un groupe hydrocarboné, on voit qu'elle est aussi positive.

Ces réactions simples mènent donc à la conclusion certaine que les spermatophores sont formés de protides divers associés à un hydrocarbone. Nous avons pu prouver que cet hydrocarbone est un sucre réduisant la liqueur de Fehling, c'est-à-dire à fonction aldéhydique ou cétonique. La réaction de Seliwanoff (en chauffant doucement un sucre aldéhydique avec de la résorcine et de l'acide chlorhydrique étendu de son volume d'eau, il se produit une coloration rose pâle; elle est rouge vif avec un sucre cétonique) démontre sa nature aldéhydique, et, comme il se forme un anneau verdâtre avec le β naphtol en solution dans SO^4H^2 concentré, c'est probablement un hexose. On peut le confirmer sur les produits d'hydrolyse par l'action de l'orcine en solution dans HCl concentré, qui donne une coloration orangé pâle.

Le groupement sucré ainsi révélé permet d'apparenter les protéiques constituant l'étui et l'appareil éjaculatoire aux glucoprotéides. Ce rapprochement est confirmé par les propriétés chromotropes que possèdent ces parties du spermatophore. Elles se colorent, en effet, métachromatiquement par les colorants appropriés : thionine, bleu de toluidine, violet de méthyle, safranine, etc. L. Lison a montré (²) que les propriétés chromotropes étaient l'apanage exclusif de corps renfermant des esters sulfuriques, à poids moléculaire élevé, dont ceux des polysaccharides. Nous pensons pouvoir en déduire que nous sommes en présence de protéines conjuguées dont le groupement prosthétique (complexe non albumineux de nature variable, uni à une protéine) est constitué par des esters sulfuriques de polysaccharides. L'insolubilité dans les alcalis dilués écarte toutefois ces protides, des mucoprotides (mucines et chondroïdes).

La recherche et la caractérisation des divers acides α aminés fournis par l'hydrolyse des spermatophores est en cours; mais, dès maintenant, nous pouvons signaler la présence de la tyrosine, de l'arginine, du tryptophane et de produits sulfurés dérivant plutôt de l'acide sulfurique des esters, que de la cystéine ou de groupements SH.

Nous pouvons déjà conclure de ces recherches que les spermatophores n'ont pas, dans toutes leurs régions, la même composition chimique, comme le démontrent les réactions sur les appareils entiers. Mais les variations observées sont, en général, d'ordre quantitatif, plutôt que qualitatif. C'est-à-dire qu'elles portent plutôt sur des rapports différents entre les divers constituants, que sur des différences fondamentales de composition.

Comme les appareils se forment dans les diverses régions d'une glande en tube, on peut croire que les divers segments de celle-ci travaillent sur le même matériel chimique essentiel, avec des variations de détail aboutissant à des formations d'aspect et de consistance différents.

(²) *Arch. Biol.*, 46, 1935, p. 599.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Variations de l'acidité formol et de l'acidité phtaléine dans les urines. Interprétation par la méthode graphique.* Note [1] de M. **Léon Lescœur**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

L'élimination urinaire d'acides libres A et celle d'acides saturés par l'ammoniaque (acidité formol) Af, concourent au maintien de l'équilibre acide-base de l'organisme.

On titre ces acides avec la phtaléine comme indicateur et on les rapporte à l'urée U, pour l'interprétation médicale (Goiffon).

U sera exprimé non en grammes, mais, comme A et Af, en centimètres cubes de liqueur N [2], notation justifiée en ce qu'elle rend compte des réactions chimiques et notamment de l'hydrolyse de l'urée



$$CO(NH_2)_2 + 2H_2O \rightleftharpoons CO_3(NH_4)_2.$$

En ordonnées on porte le rapport $(U + Af)/Af$, en abscisses le rapport $(U + Af)/A$ [3].

Cette dernière variable est une expression de l'acidité urinaire d'interprétation plus simple que le pH tel qu'il entre dans le coefficient réduit de Hasselbach. Elle a sur l'acidité par litre, récemment proposée [4], l'avantage d'éliminer l'influence perturbatrice de la diurèse aqueuse.

Chacun des axes $(U + Af)/A$ et $(U + Af)/Af$ correspond à un processus physiologique précis :

1° *Alcalinisation des phosphates.* — Le phosphate monométallique est, dans l'urine, en quelque sorte le substratum de l'acidité que l'on titre par la phtaléine; aussi, pour simplifier, confondrons-nous A avec l'acidité phtaléine phosphorique.

Le phosphore provenant des substances albuminoïdes joue, en effet, un rôle acidogène. Il est capable de donner, par oxydation totale une certaine quantité d'acidité, qui est une limite supérieure de A et que l'on peut considérer, pour un sujet à régime fixe, comme une constante (c_2).

A partir de ce maximum, les valeurs de A diminuent au fur et à mesure qu'augmentent les alcalis (NaOH, KOH etc.).

---

(1) Séance du 23 janvier 1939.

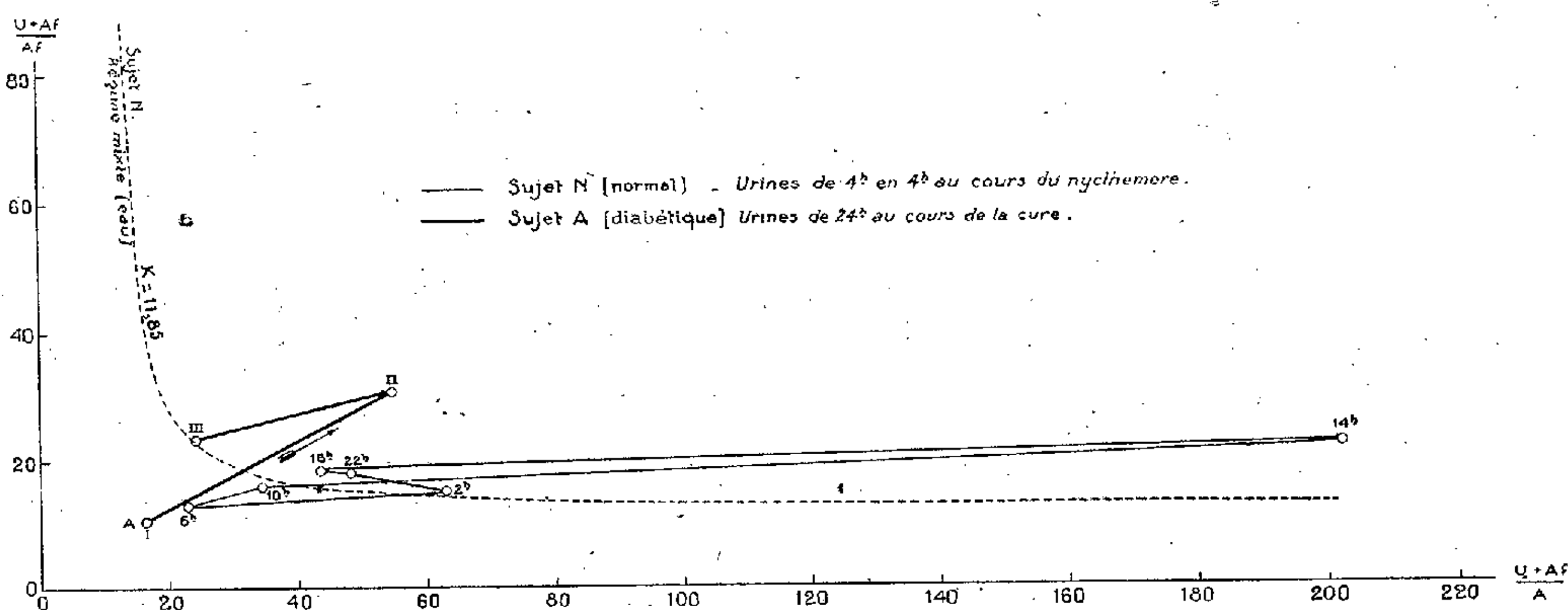
(2) 1g d'urée vaut 33^{cm^3},33 N.

(3) Le numérateur de ces rapports est la donnée de l'hypobromite qui ne sépare pas l'azote uréique de l'azote ammoniacal.

(4) J. et H. Clarens, *Bull. Soc. Chim. France*, 5, 1938, p. 1159.

L'augmentation du rapport $(U + Af)/A$, entre une valeur limite K et l'infini, traduit cette alcalinisation relative. On peut donc dire qu'il y a de ce fait, consommation d'un certain nombre d'oxhydriles (⁵).

2° *Uréogénèse.* — Le rapport $(U + Af)/Af$ est l'expression de l'uréogénèse. Celle-ci se fait à partir du produit de désintégration des acides aminés, c'est-à-dire du radical ammoniacal. Or, pour concevoir la formation



d'urée, il faut admettre que ce radical existe sous forme d'alcali (NH^4OH). L'uréogénèse suppose donc une alcalinisation et par conséquent, comme dans le cas précédent, la consommation d'un certain nombre d'oxhydriles (⁶).

Une première application concerne la physiologie.

Le sujet normal N ne fait appel à aucun oxhydrile en dehors de l'apport régulier que lui procure un régime constant. Il est, dans la mesure du possible, en équilibre alimentaire. Les deux variables sont déterminées sur les urines émises de 4 heures en 4 heures, au cours du nycthémère (⁷). Le point figuratif n'est pas fixe. Il décrit un cycle fermé, aplati, les oscillations étant pour la plupart de grande amplitude.

On est conduit à envisager le cas théorique où le nombre total des oxhydriles utilisés par l'organisme resterait rigoureusement constant; il y

(⁵) Suivant la notation ionique $PO^4H^3 + 2OH^- = PO^4H^= + H^2O$.

(⁶) $CO^3H^2 + 2OH^- = 2H_2O + CO^{3=}$
$CO^{3=} + 2NH^{4+} = 2H_2O + CO(NH^2)_2$ (J. et H. Clarens).

(⁷) Mme S. Belluc, MM. J. Chaussin, H. Laugier et Mme Th. Ranson, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 90.

aurait seulement mutation entre saturation des phosphates et uréogénèse et vice-versa.

Avec l'hypothèse $U + Af = c_1$ et $A + Af = c_2$ conforme, dans les grandes lignes, à la réalité biologique, pour un sujet donné, à un régime donné, la relation qui lie $x = (U + Af)/A$ et $y = (U + Af)/Af$ est $(x + y)/xy = 1/K$ où $K = c_1/c_2$. La courbe représentative a pour asymptotes $x = K$ et $y = K$.

En pathologie, malgré une alimentation normale maintenue constante, certains sujets, par suite d'une viciation dans leur métabolisme, disposent d'une quantité anormale d'oxhydriles, soit par excès, soit par défaut.

Le point figuratif des deux variables se trouve dans le premier cas en dedans de la courbe (alcalose), dans le deuxième cas, en dehors (acidose), comme pour le sujet A I.

L'organisme peut recevoir un supplément d'oxhydriles de l'extérieur. C'est ce qui se produit notamment dans la thérapeutique hydrominérale alcaline par boisson. La lecture du graphique, au cours du traitement, est des plus expressives. Le sujet A, diabétique consomptif, parcourt le chemin désigné par les points I, II, III, correspondant respectivement au début, au milieu et à la fin de la cure à Vichy.

Parallèlement, l'examen du sang a montré les variations corrélatives de la réserve alcaline, qui passe de 46 à 58,5, puis à 57,2.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les ferments solubles sécrétés par les Champignons Hyménomycètes. Actions conjuguées antioxygène.* Note de M. **Louis Lutz**, présentée par M. Maurice Javillier.

Ciamician et Silber ont montré que les alcools, réagissant à la lumière sur des substances possédant un groupe carbonyle, quinones, cétones, aldéhydes, sont l'objet d'une transposition d'hydrogène : ils s'oxydent alors que l'autre corps se réduit. C'est ainsi que la quinone se transforme en quinhydrone et hydroquinone.

D'autre part, l'étude biologique de la quinone a fait voir que ce corps, incapable de servir d'antioxygène, se réduit sous l'action des ferments réducteurs sécrétés par les Champignons en donnant de l'hydroquinone, dont les propriétés antioxygène ne tardent pas à se manifester.

J'ai tenté de vérifier l'observation de Ciamician et Silber en l'adaptant à l'étude du pouvoir antioxygène des alcools primaires, conjugués avec

des cétones ou des quinones et en faisant intervenir les ferments oxydo-réducteurs fongiques. Je rappelle que les alcools primaires, employés isolément, témoignent d'une grande inertie vis-à-vis de ces catalyses oxydo-réductrices, probablement par suite de l'instabilité relative des aldéhydes formées par leur oxydation, qui rend celles-ci sensibles aux actions réductrices les ramenant à l'état d'alcools primaires.

I. *Alcools primaires et cétones.* — Champignon : *Corticium quercinum.* Alcools primaires : géraniol et citronellol. Cétones : propanone, carvone et méthylnonylcétone.

Les témoins consistent en tubes renfermant chacun 5^{cm^3} de milieu de culture artificiel (1), additionnés de 11 gouttes d'une solution aqueuse stérilisée de bleu de méthylène à 0,25 pour 100 et de 11 gouttes d'une émulsion aqueuse à 1 pour 100 de l'un des corps étudiés.

Les milieux conjugués sont constitués par des tubes semblables, additionnés respectivement de 11 gouttes d'une solution à 1 pour 100 de l'un des deux alcools et de 11 gouttes d'une solution également à 1 pour 100 de l'une des cétones.

Dans tous les cas, une série de tubes était maintenue à l'obscurité, l'autre à la lumière solaire.

A l'obscurité, il a fallu attendre un mois pour noter une très légère réduction du bleu en présence du géraniol, du citronellol et de la propanone. A la lumière, le phénomène, pour être plus sensible, est encore très faible avec les alcools seuls et presque nul avec les cétones.

Avec les milieux conjugués, la réduction a été, dans tous les cas, plus hâtive : à l'obscurité, avance légère, mais intensité faible, dans les milieux renfermant du géraniol et des cétones; un peu plus marquée en présence du citronellol et des cétones. A la lumière, activation remarquable de la réduction, aboutissant en moins de 15 jours à la décoloration à peu près totale du bleu.

II. *Alcools primaires et quinones.* — Champignons : *Corticium quercinum* et *Fomes pinicola*, ce dernier ne sécrétant que très peu d'oxydases. Alcools primaires : géraniol, nérol et citronellol. Quinones : quinone ordinaire et thymoquinone, employées en solution ou en émulsion aqueuse à 1 pour 100.

Les résultats sont ici particulièrement nets, surtout avec le *Corticium quercinum.* (Le *Fomes pinicola* a poussé lentement sur ces milieux.) A la

(1) Voir, formule, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 532.

lumière, une semaine après l'ensemencement, les milieux au géraniol — quinone et au géraniol — thymoquinone sont entièrement décolorés. Quoiqu'un peu plus tardive, la décoloration des autres milieux conjugués a manifesté une avance marquée par rapport à ceux renfermant la quinone seule et la thymoquinone seule et surtout par rapport à ceux renfermant seulement les alcools.

Dans les mêmes conditions, mais à l'obscurité, l'avance dans les milieux conjugués est réduite à peu près à néant.

On est donc ici en présence d'un type particulier de catalyse fermentaire, mettant en œuvre, comme dans les expériences de Ciamician et Silber, une association de corps, inactifs, ou peu s'en faut, individuellement, mais devenant actifs par échange réciproque d'hydrogène sous l'action des radiations lumineuses.

BACTÉRIOLOGIE. — *Élévation du pouvoir toxigène d'une souche de* Plectridium tetani *sous l'action de passages en bouillon de cervelle acide à température modérée.* Note [1] de M. **André-Romain Prévot**, présentée par M. Louis Martin.

En septembre 1937 la souche L de *P. tetani* qui nous sert à la préparation de la toxine tétanique était peu toxigène (D. m. m. de la toxine : 1/20000e à 1/40000e de centimètre cube pour le cobaye de 350^g; titre antigénique 15 à 18 unités). Par ailleurs cette souche ne pouvait fournir une toxine utilisable que sous deux conditions formelles : addition au bouillon de culture de pyruvate de sodium à raison de 2^g,5 par litre, et de phosphate monopotassique à raison de 8^g par litre. Dès que nous tentions (pour des raisons de simplification de ce procédé) de réduire les proportions de ces deux sels, le titre de la toxine s'abaissait dans des proportions considérables; la suppression totale de ces substances empêchait même totalement la formation de la toxine.

Comme le mode d'entretien et de conservation des souches toxigènes a une importance considérable, nous avions dès le début de nos recherches essayé plusieurs modes de conservation. Au bout de 6 mois, une seule méthode parmi toutes celles qui furent étudiées avait donné des résultats suffisants : 4 jours avant l'ensemencement du bouillon tétanique, nous

(1) Séance du 23 janvier 1939.

repiquons la souche L d'une culture en bouillon de cervelle datant d'au moins 5 semaines dans un bouillon acide pH 6,4, identique au milieu de culture servant à la préparation de la toxine, mais additionné de cervelle de veau (à raison de 5^g de cervelle pour 8^{cm^3} de bouillon glucosé à 1 pour 100). Ce bouillon doit être stérilisé à 110° au maximum. Les tubes sont scellés dans le vide et placés à l'étuve à 33° pendant environ 20 heures, puis à l'obscurité à 20° pendant 3 jours. A cette température la culture évolue très lentement, et le pH monte progressivement à 6,9-7,1. Sur les 50 souches ainsi préparées chaque semaine, 3 sont mises en réserve et conservées à 20° dans l'obscurité pour servir de souches mères après un temps de vieillissement d'au moins 5 semaines, temps qui croît de plus en plus au fur et à mesure que cette expérience s'allonge.

Ce temps est actuellement de 15 semaines; nous constatons que plus il s'allonge plus le titre de la toxine s'élève : il est actuellement de 50 unités antigéniques; D.m.m = 1/150000e de centimètre cube. Mais les observations les plus intéressantes que cette méthode nous a permis de faire sont celles-ci : 1° à partir de la 34e série d'expériences, la souche ayant alors 6 passages en bouillon de cervelle, nous avons pu diminuer progressivement le taux du pyruvate sans que le titre antigénique de la toxine en souffre. Alors qu'il était au début de 2,5 pour 1000 nous avons pu le faire passer successivement à 2 pour 1000 à la 34e série (6e passage), puis à 1,5 pour 1000 à la 38e série (7e passage), puis à 0,5 pour 1000 à la 65e série (13e passage), enfin à la 68e série, soit après le 14e passage en bouillon de cervelle, le bouillon tétanique sans pyruvate se trouvait avoir un titre antigénique aussi élevé que le bouillon additionné de pyruvate : les passages sur bouillon de cervelle ont permis à la souche d'augmenter de plus en plus son potentiel oxydoréducteur propre jusqu'à pouvoir se passer de pyruvate et de s'ajuster à rH 3,1 dès les premières heures de la culture; 2° au début de nos expériences, la culture exigeait un tampon acide pour ne pas dépasser un pH terminal voisin de 7. Ce tampon était constitué par 8^g de phosphate monopotassique par litre. Jusqu'à la 17e série il nous a été impossible de réduire cette haute teneur sans voir le titre de la toxine s'abaisser dans des proportions notables. Dans la 24e série (5e passage) des cultures n'ayant reçu que 7^g par litre de phosphate avaient fourni une toxine de titre aussi élevé que les toxines à 8 pour 1000. A partir de cette série nous avons pu diminuer progressivement la teneur en phosphate suivant le mode suivant : série 27 (6e passage) 6,5 pour 1000; série 30 (7e passage) 6 pour 1000; série 45 (9e passage) 5,5 pour 1000;

série 65 (13e passage) 4 pour 1000; série 73 (14e passage) suppression totale du phosphate donnant une toxine pH 6,9 titrant 42 unités, soit à égalité avec les témoins ayant reçu 4 pour 1000 de phosphate. Depuis la série 73, nous n'ajoutons ni pyruvate ni phosphate dans les cultures. La toxine reste aussi élevée (48 U dans la série 74) et le pH terminal se maintient autour de 6,9-7. La modification de la souche L est donc double : augmentation du potentiel oxydoréducteur propre et diminution du pouvoir alcalinisant.

Enfin ces expériences ont montré un autre fait : la culture des souches réussissant parfaitement bien à 33°, nous avons recherché quelle était la température optimum pour la production de la toxine. Une observation faite à l'occasion de la baisse accidentelle d'une étuve qui s'était déréglée et s'était fixée à 34°, nous a montré que cette baisse de 3° provoquait un gain de 9 unités antigéniques par centimètre cube. Une série de flacons de bouillon de la même provenance placés à 32°, 33°, 34° et 35° montrait qu'à 34° la toxine titrait 3 unités de plus qu'à 35°; à 33° elle titre 3 unités de plus qu'à 34° et à 32° elle a sensiblement le même titre qu'à 33°. Depuis cette observation nous avons réglé l'étuve à 32°,5-33° et le titre de la toxine est toujours resté compris entre 42 U et 54 U. (D. m. m. entre 1/120000e et 1/150000e de centimètre cube.)

Conclusions. — 1° Le passage en série linéaire d'une souche du *P. tetani* sur bouillon de cervelle pH 6,4 à 33° a provoqué une élévation du potentiel oxydoréducteur propre de la souche et une diminution de son pouvoir alcalinisant; en conséquence son pouvoir toxigène et antigénique a été triplé.

2° La température d'incubation la plus favorable pour l'obtention de toxine tétanique de titre élevé est de 32° à 33°.

La séance est levée à 16^h^.

A. Lx.

Cahiers Scientifiques

PUBLIÉS SOUS LA DIRECTION DE GASTON JULIA

MEMBRE DE L'INSTITUT, PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

Fascicules in-8 raisin (25-15) de 200 pages environ, se vendant séparément :

scicule I : **Leçons sur quelques types simples d'équations aux dérivées partielles, avec des Applications à la Physique mathématique**, par Émile PICARD, de l'Académie française, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Professeur à l'Université de Paris. In-8 (25 × 16) de 214 pages, avec 73 figures; 1927. **50 fr.**

scicule II : **Leçons sur la Géométrie des Espaces de Riemann**, par E. CARTAN, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris. In-8 (25 × 16) de 273 pages; 1928 .... **84 fr.**

scicule III : **Leçons sur quelques Équations fonctionnelles, avec des Applications à divers problèmes d'Analyse et de Physique mathématique**, par Émile PICARD. Rédigées par Eugène BLANC, Agrégé de l'Université. In-8 (25 × 16) de 184 pages, avec 61 figures; 1928 .... **56 fr.**

scicule IV : **Leçons sur les systèmes d'Équations aux dérivées partielles**, par Maurice JANET, Professeur à l'Université de Caen. In-8 (25 × 16) de VIII-124 pages; 1929 .... **42 fr.**

scicule V : **Leçons sur quelques problèmes aux limites de la Théorie des Équations différentielles**, par Émile PICARD. Rédigées par Marcel BRELOT, ancien Élève de l'École Normale supérieure. In-8 (25 × 16) de 271 pages; 1930 .... **84 fr.**

scicule VI : **Principes géométriques d'Analyse, Ire Partie.** Leçons faites à la Sorbonne par Gaston JULIA, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris. Recueillies et rédigées par Marcel BRELOT et René de POSSEL, Agrégés de l'Université, anciens Élèves de l'École Normale supérieure. In-8 (25 × 16) de 116 p.; 1930. **35 fr.**

scicule VII : **Leçons sur la Théorie mathématique de la lutte pour la vie**, par Vito VOLTERRA, Membre de l'Institut, Professeur à l'Université de Rome, rédigées par Marcel BRELOT, ancien Élève de l'École Normale supérieure. In-8 (25 × 16) de 214 pages; 1931. **85 fr.**

scicule VIII : **Leçons sur la Représentation conforme des aires simplement connexes**, par Gaston JULIA, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris. In-8 (25 × 16) de VIII-114 pages; 1931 .... **42 fr.**

scicule IX : **Quelques applications analytiques de la Théorie des courbes et des surfaces algébriques**, par Émile PICARD. Leçons rédigées par Jean DIEUDONNÉ, Agrégé de l'Université. In-8 (25 × 16) de VIII-224 pages; 1931 .... **70 fr.**

scicule X : **Leçons sur la Géométrie projective complexe**, par E. CARTAN, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris, d'après des Notes recueillies et rédigées par F. MARTY, Élève de l'École Normale supérieure. In-8 (25 × 16) de VII-326 pages, 1931 .... **112 fr.**

Fascicule XI : **Principes géométriques d'analyse. 2e Partie. Leçons faites à la Sorbonne**, par Gaston JULIA, recueillies et rédigées par André MAGNIER, Élève de l'École Normale supérieure. In-8 (25 × 16) de VII-122 p., avec figures; 1932 .... **56 fr.**

Fascicule XII : **Figures planétaires et Géodésie**, par R. WAVRE, Professeur à l'Université de Genève. Préface de J. HADAMARD, Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France et à l'École Polytechnique. In- (25 × 16) de VIII-194 pages; 1932. **75 fr.**

Fascicule XIII : **Leçons sur les fonctions presque périodiques**, par J. FAVARD, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Grenoble. Préface de Gaston JULIA, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris. In-8 (25 × 16) de VIII-184 pages; 1933 .... **70 fr.**

Fascicule XIV : **Leçons sur la représentation conforme des aires multiplement connexes**, par Gaston JULIA, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris. Leçons recueillies et rédigées par MM. Georges BOURION et Jean LERAY, Docteur ès Sciences. In-8 (25 × 16) de VI-96 p., avec 36 fig.; 1934...... **40 fr.**

Fascicule XV : **Potentiels et Prépotentiels**, par Pierre HUMBERT, Professeur à l'Université de Montpellier. Préface de Louis de BROGLIE, Membre de l'Institut. In-8 (25 × 16) de VIII-80 pages; 1936........... **35 fr.**

Fascicule XVI : **Introduction mathématique aux Théories quantiques, 1re Partie**, par Gaston JULIA, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences. Leçons rédigées par J. DUFRESNOY, Élève à l'École Normale supérieure. In-8 (25-16) de VI-220 p.; 1936..... **85 fr.**

Fascicule XVII : **Leçons sur la Théorie des Espaces à connexion projective**, par E. CARTAN, Membre de l'Institut, rédigées par P. VINCENSINI, Docteur ès Sciences In-8 (25-16) de VI-308 p., avec 34 fig.; 1937. **125 fr.**

Fascicule XVIII : **La Théorie des Groupes finis et continus et la Géométrie différentielle, traitées par la méthode du repère mobile**, par E. CARTAN, Membre de l'Institut. Leçons professées à la Sorbonne. Rédigées par Jean LERAY, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Nancy. In-8 (25-16) de VI-270 p.; 1937. **115 fr.**

Fascicule XIX : **Introduction mathématique aux Théories quantiques, 2e Partie.** Leçons rédigées par R. MARROT. In-8 (25 × 16) de VI-218 pages .... **85 fr.**

MEMORIAL DES SCIENCES MATHÉMATIQUES (*suite*)

5. **WILKOSZ (W.).** — *Les propriétés opologiques du plan euclidien.*
6. **HAAG (J.).** — *Le problème de Schwarzschild.*
7. **TZITZÉICA (G.).** — *Introduction à la géométrie différentielle projective des courbes.*
8. **PETROVITCH (M.).** — *Intégration qualitative des équations différentielles.*
9. **KRYLOFF (N.).** — *Les méthodes de solution approchée des problèmes de la physique mathématique.*
0. **SALTYKOW (N.).** — *Méthodes classiques d'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre.*
1. **KOGBETLIANTZ (Ervand).** — *Sommations des séries intégrales divergentes par les moyennes arithmétiques et typiques.*
2. **HOSTINSKY (B.).** — *Méthodes générales du Calcul des probabilités.*
3. **ZERVOS (P.).** — *Le problème de Monge.*
4. **MANDELBROJT (S.).** — *Les singularités des fonctions analytiques représentées par une série de Taylor.*
5. **HUSSON (Édouard).** — *Les trajectoires de la dynamique.*
6. **ÉVANS (G.).** — *Stabilité et Dynamique de la production dans l'économie politique.*
7. **DELSARTE (Jean).** — *Les groupes de transformations linéaires dans l'espace de Hilbert.*
8. **DONDER (Th. De).** — *Application de la Gravifique einsteinienne à l'Electrodynamique des corps en mouvement.*
9. **LEAU (L.).** — *Les suites de fonctions en général (domaine complexe).*
0. **GOT (Th.).** — *Propriétés générales des groupes discontinus.*
1. **DULAC (H.).** — *Points singuliers des équations différentielles.*
2. **BUHL (A.).** — *Gravifiques. Groupes mécaniques.*
3. **HLAVATY (V.).** — *Courbes de la variété générale à* N *dimensions.*
4. **ORE (O.).** — *Les corps algébriques et la théorie des idéaux.*
5. **ADHÉMAR (R. d').** — *Balistique extérieure.*
6. **SHOHAT (Jacques Chokhate).** — *Théorie générale des polynomes orthogonaux de Tchebichef.*
7. **GODEAUX (L.).** — *Les transformations birationnelles de l'espace.*
8. **GOT (Th.).** — *Domaines fondamentaux des groupes fuschiens et automorphes.*
9. **KOSTITZIN (V. A.).** — *Applications des équations intégrales (applications statistiques).*

70. **SALTYKOW.** — *Méthodes modernes d'intégrations des équations aux dérivées partielles du premier ordre à une fonction inconnue.*
71. **BOULIGAND.** — *Géométrie infinitésimale directe et physique mathématique classique.*
72. **ROSENBLATT.** — *Solutions exactes des équations du mouvement des liquides visqueux.*
73. **WALSH.** — *Approximation by Polynomials in the complex Domain.*
74. **GUICHARD (M. C.).** — *Théorie des Réseaux.*
75. **HERBRAND (J.).** — *Le développement moderne de la théorie des corps algébriques.*
76. **VRANCEANU.** — *Les Espaces non holonomes.*
77. **GUICHARD.** — *Théorie Générale des Réseaux. Applications.*
78. **DUBOURDIEU.** — *Questions topologiques de géométrie différentielle.*
79. **MINETTI (Silvio).** — *Sur quelques espaces fonctionnels et sur la géométrie de certains Holoespaces.*
80. **SOULA (J.).** — *L'Équation intégrale de première espèce à limites fixes et les fonctions permutables à limites fixes.*
81. **POTRON.** — *Les Groupes de Lie.*
82. **ZAREMBA.** *Sur une conception nouvelle des forces intérieures dans un fluide en mouvement.*
83. **JUVET (Gustave).** — *Mécanique analytique et mécanique ondulatoire.*
84. **FREDA (Hélène).** — *Méthodes des Caractéristiques pour l'intégration des équations aux dérivées partielles linéaires hyperboliques.*
85. **KAMPÉ DE FÉRIET (J.).** — *La fonction hypergéométrique.*
86. **GEIRINGER (Hilda).** — *Fondements mathématiques de la théorie des corps plastiques isotropes.*
87. **PRAGER (W.).** — *Mécanique des solides isotropes au delà du domaine élastique.*
88. **WEINSTEIN (A.).** — *Étude des spectres des équations partielles de la théorie des plaques élastiques.*
89. **VALIRON (Georges).** — *Directions de Borel des fonctions méromorphes.*
90. **TRJITZINSKY (W. J.).** — *Analytic theory of non linear singular differential equations.*
91. **DE SÉGUIER et POTRON.** — *Théorie des groupes abstraits.*
92. **MORSE (M.).** — *Functional topology and abstract variational theory.*
93. **DIEUDONNÉ (J.).** — *La théorie analytique des polynomes d'une variable (à coefficients quelconques).*
94. **VINCENSINI (Paul).** — *Corps connexes. Séries linéaires. Domaines vectoriels.*

Nombreux fascicules en préparation. — Consulter la notice spéciale.

N° 5.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 30 Janvier 1939).

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ELECTIONS.

CORRESPONDANCE.

N° 5.

TABLE DES ARTICLES (*suite*).

CORRESPONDANCE (*suite*).

1939

PREMIER SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS

TOME 208

Nº 6 (6 Février 1939).



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55.

—

1939

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LA SÉANCE DU 13 JUILLET 1835

ET MODIFIÉ DANS LES SÉANCES DES 24 FÉVRIER 1840, 23 JUIN 1862, 24 MAI 1875, 8 JUIN 1925.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y deux volumes par année.

Article 1. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus *quatre* pages par numéro.

Un membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de *dix* Notes par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les *dix* Notes accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus *trois* pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de *huit* Notes par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne porte en rien préjudice au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de la discussion.

Les Rapports relatifs aux prix décernés ne sont imprimés dans les *Comptes rendus* qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en séa publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

Article 2. — *Impression des travaux des Sava étrangers à l'Académie.*

Les Notes des personnes qui ne sont pas Membres Correspondants de l'Académie ne peuvent pas dépas *deux* pages *et demie*. Le nombre des Notes d même auteur ne peut être supérieur à *cinq* par ann

Les Membres qui présentent ces Mémoires s tenus de les réduire au nombre de pages requis. Membre qui fait la présentation est toujours nomn mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet ext autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le f pour les articles ordinaires de la correspondance o cielle de l'Académie.

Article 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être re à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'ê remis à temps, le titre seul du Mémoire est ins dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvo au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

Article 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planch ni figures.

Des figures ne pourraient être exceptionnellem autorisées que si elles étaient déposées sur le Bure en même temps que la Note présentée. L'espace occu par ces figures compte alors pour l'étendue régleme taire.

Le tirage à part des articles est aux frais d auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rappo et les Instructions demandés par le Gouvernement.

Article 5.

Tous les six mois, la Commission administrati fait un rapport sur la situation des *Comptes rend* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du p sent règlement.

Nota. — *La page comprend* 38 *lignes de* 67 *lettres ou intervalles.*

AVIS AUX AUTEURS

Les références bibliographiques des Notes destinées aux *Comptes rendus* doivent être aussi complètes que possible comprendre, par exemple pour les Périodiques, l'indication du tome, de l'année et de la page.

(*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1057.)

Les auteurs qui ne se conformeront pas à cette règle seront exposés à voir leurs Notes retardées jusqu'à ce que les in cations jugées nécessaires et signalées *sur les épreuves* aient été fournies.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont pr de les déposer au Secrétariat au plus tard le samedi qui précède la séance, avant 5 heures. Autrement la présentation sera

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 FÉVRIER 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur GIUSEPPE CESÀRO, par M. **ALFRED LACROIX** (¹).

Avec G. Cesàro, mort à Comblain-au-Pont (Belgique) le 20 de ce mois, disparaît le doyen des minéralogistes.

GIUSEPPE RAIMONDO PIO CESARO est né à Naples, le 7 septembre 1849. Ses humanités achevées (1865), son père l'envoie à l'Athénée de Liége, afin de lui permettre de se préparer au concours de l'École des Mines de l'Université de cette ville; c'est là qu'il apprend le français. L'année suivante, il entre à cette école.

A l'en croire, il y fut un élève irrégulier et quelque peu indiscipliné, se passionnant pour certaines sciences, en délaissant d'autres. A la fin de sa dernière année scolaire, son caractère, la maladie, des deuils de famille suivis de revers de fortune le font quitter l'école avec le seul titre de candidat-ingénieur. Pour achever ses études et gagner sa vie, il doit donner des leçons sur les sciences dans lesquelles il excelle : mathématiques, mécanique, physique, chimie, cristallographie, minéralogie. Il se dévoile alors remarquable professeur, doué d'un grand talent d'exposition, de simplicité, de clarté, d'élégance, encadré par un enthousiasme communicatif, rappelant plus la chaleur du soleil de son pays natal que les brumes du Nord.

Aussi, après de nombreuses années de professorat libre, rentre-t-il à l'Université de Liége, en janvier 1891, mais cette fois comme chargé de cours,

(¹) Séance du 30 janvier 1939.

après avoir été dispensé du diplôme obligatoire de docteur ès sciences; en 1895, il est professeur extraordinaire et professeur ordinaire en 1900. Il va y faire toute sa carrière et, lorsqu'en 1919 il est atteint par la limite d'âge, promu émérite et remplacé par son élève M. Buttgenbach, il est prorogé dans son enseignement, jusqu'à la fin de 1921; il ne devait, d'ailleurs, pas cesser de fréquenter son cher laboratoire jusqu'à ses derniers jours.

Sa caractéristique a été la passion de l'observation et singulièrement de celle des minéraux cristallisés; il les aimait pour leur beauté, qu'il admirait en artiste autant qu'en homme de science, et par tout ce qu'il savait tirer de la connaissance de leurs formes géométriques et de leurs propriétés optiques. Il les maniait avec une habileté et une sorte de respect touchant. Observateur d'une extrême finesse, il recherchait la difficulté et avait une prédilection pour les cristaux de très petite taille qui lui fournissaient matière à des mesures de premier ordre.

Il n'était pas seulement naturaliste : on lui doit aussi des travaux de mathématique et de physique, mais ils ont été en général inspirés, non point par des intentions purement théoriques, mais par le désir ou le besoin d'éclairer et d'interpréter des faits d'observation (*Mémoire sur la géométrie du triangle et du tétraèdre, notamment en ce qui concerne les moments d'inertie, ainsi que les ellipses et les ellipsoïdes circonscrits; mémoires sur les macles; détermination du signe optique des cristaux; méthodes de mesure de leur réfringence et de leur biréfringence* etc.).

Quel que soit l'intérêt de ces travaux théoriques, la partie capitale de son œuvre consiste dans la description géométrique des minéraux. Le sol de la Belgique, peu étudié à ce point de vue jusqu'à lui, a fourni une riche moisson. Parmi ses très nombreuses publications, je citerai seulement comme caractéristique son *Mémoire sur la Calcite de Rhisnes*. De tous les minéraux, la calcite est celui qui est le plus riche en formes cristallines et les combinaisons de celles-ci varient à l'infini. Elles ont fait l'objet d'un nombre considérable de travaux.

Les formes isoscéloédriques n'avaient été trouvées, et assez rarement, qu'à l'état de combinaisons. Cesàro a découvert en Belgique un gisement, où de très nombreux cristaux de calcite se présentent sous la forme d'un isoscéloèdre existant seul ou accompagné de quelques formes accessoires. Il a fait de ce gisement une analyse très approfondie. A première vue, cette observation semble de peu d'importance, mais, en réalité, elle présente un grand intérêt. Elle montre que la fréquence des faces d'un cristal ne dépend pas

exclusivement de sa structure et que les conditions de la cristallisation ont à ce point de vue une importance considérable. C'est ainsi, par exemple, que la présence de traces très faibles de matières étrangères dans le milieu cristallogène a une influence considérable sur la nature et les variations de l'ordre de fréquence des faces. Des expériences de laboratoire, telles que celles de M. P. Gaubert, confirment cette manière de voir, mais l'exemple naturel de Rhisnes est particulièrement frappant.

Les derniers Mémoires de Cesàro ont été consacrés à de minutieuses recherches sur les formes, les orientations, les constantes optiques et sur la composition chimique des cristaux microscopiques des minéraux du Vésuve et de la Somma.

En terminant, je signalerai d'intéressants travaux d'une autre nature : descriptions d'espèces minérales nouvelles, synthèses minéralogiques par la voie humide, remarques sur la constitution chimique de certains groupes de minéraux et particulièrement sur les sulfures métalliques.

G. Cesàro avait reçu, en Belgique, la grande naturalisation en 1888 et tous les honneurs qui peuvent atteindre un homme de science. De bonne heure membre de l'Académie Royale de Belgique, il en a été deux fois le Directeur. Il était titulaire du prix décennal des Mathématiques appliquées (période 1894-1902).

En 1929, l'Université ayant organisé une cérémonie solennelle pour fêter ses 80 ans. Le duc de Brabant, aujourd'hui roi des Belges, tînt à la présider lui-même et à lui apporter la plaque de Grand-Officier de l'Ordre de Léopold, en témoignage d'estime et d'amitié pour le Maître que sa réputation d'éducateur et de savant avait fait choisir par le roi Albert Ier pour lui servir de professeur de Mathématiques.

G. Cesàro, très attaché à l'école minéralogique de notre pays et à ses méthodes, avait reçu de notre Académie le prix Gegner. Il était Correspondant pour la Section de Minéralogie depuis 1930.

L'Académie adresse à Madame Cesàro et à sa famille l'expression de toute sa sympathie pour le deuil cruel qui vient de la frapper.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Étude de l'ionosphère à Changhaï; observation de changements de fréquence des ondes réfléchies par les couches ionisées.* Note de M. **Pierre Lejay.**

Un poste émetteur de signaux courts, réglable de 4500 à 2500 kilocycles, a été monté à l'Observatoire de Zi-Ka-Wei. Deux tubes de 250 watts en parallèle actionnent un groupe d'antennes réglées de telle sorte que chacun des brins vibre en trois quarts d'onde pour une certaine bande de la gamme et soit, pour cette bande, sensiblement à un quart d'onde de hauteur au-dessus du sol. En régime continu, l'intensité dans l'antenne est de 0,5 à 1 ampère suivant la fréquence émise.

Le signal est produit par un contacteur tournant monté sur moteur synchrone, placé dans le circuit-plaque des lampes d'émission. Un condensateur est interposé entre le contacteur et les plaques : au moment de la fermeture du contact, un courant de plaque s'établit, les oscillations prennent naissance et durent tant que le condensateur se charge; puis le courant de plaque, et par suite les oscillations cessent; un peu plus tard, le contact tournant peut alors se rompre sans étincelle. En proportionnant la capacité du condensateur au courant de plaque des tubes (0,005 microfarad par 500 milliampères), on obtient un signal de l'ordre de 10^{-4} seconde. Le condensateur est shunté par un mégohm qui le décharge lentement dans l'intervalle entre deux contacts consécutifs. Avec ce dispositif l'alimentation-plaque peut être fournie par un simple transformateur, sans redressement.

Comme récepteur, nous avons utilisé provisoirement un superhétérodyne du commerce, en remplaçant les étages de basse fréquence par un étage à résistance de faible constante de temps (2.10^{-4} sec.). Ce récepteur, alimenté par une antenne en Γ de 40 mètres, est placé à deux mètres de l'émetteur. Pour en mesurer la sensibilité, un générateur d'ondes étalonné de David a été modifié : un contacteur tournant, donnant des signaux analogues à ceux de l'émetteur, ferme, pendant des temps très courts (10^{-4} sec.), la connexion entre l'hétérodyne et les bobines sinusoïdales de réduction. Ce moteur, alimenté à travers des filtres, est enfermé avec le contacteur dans un blindage étanche qui prolonge celui de l'hétérodyne. On peut donc, avec le générateur étalonné, attaquer l'aérien de réception dans les mêmes conditions que les signaux et mesurer ainsi, par la méthode classique, la force électromotrice induite par ceux-ci dans l'antenne.

Cette mesure est indispensable : beaucoup de résultats publiés comportent des appréciations négatives signalant des absences ou des disparitions d'échos, dans certaines conditions, sans indication de sensibilité de récepteur. Or c'est un fait d'expérience que l'accroissement de sensibilité fait apparaître souvent un nombre considérable d'échos indécelables avec une sensibilité moindre.

Les échos observés ici à l'oscillographe cathodique ou enregistrés cinématographiquement sont trop variables non seulement d'un jour à l'autre, d'une heure à l'autre, mais même à quelques minutes d'intervalle pour qu'on puisse en donner une étude détaillée dans une courte Note. Nous signalerons les résultats suivants :

Jamais aucun écho n'a été observé entre 10^h30^m et 15^h30^m avec un ensemble récepteur qui révélerait 10^{-4} volt dans l'antenne.

L'écho de la région E (100 kilomètres de hauteur) n'est apparu que rarement dans la bande indiquée plus haut et seulement le soir, entre 17^h et 22^h, contrairement aux résultats obtenus ailleurs dans la même bande. En été il n'a pas été observé.

Le matin, de 5^h à 7^h, il se trouve généralement un écho F, d'intensité moyenne (3 ou 4 millivolts), très stable, provenant d'une région presque toujours située entre 225 et 275 kilomètres.

Dans la soirée, au contraire, à partir de 18 heures, on voit apparaître graduellement de nombreux échos, correspondant à des hauteurs quasi périodiques. Il n'est pas rare d'observer 6 à 10 échos d'amplitude considérable (10 à 20 millivolts au moins). Il arrive qu'on puisse en compter une vingtaine.

L'amplitude de ces échos successifs n'obéit apparemment à aucune loi : en quelques secondes l'aspect se modifie parfois complètement; certains échos apparaissent ou croissent tandis que d'autres décroissent ou disparaissent. Il semble donc difficile d'admettre que ces échos successifs, dont les distances respectives ne sont d'ailleurs pas exactement des multiples d'un même nombre, soient dus à des réflexions multiples d'un même signal sur une seule couche ionisée et la terre. Dans cette hypothèse, en effet, l'absorption des échos devrait augmenter d'un écho au suivant et les amplitudes observées devraient décroître régulièrement.

Par ailleurs, il est facile de voir que tous ces échos ne sont pas toujours constitués par des ondes de même fréquence : en faisant osciller légèrement le condensateur d'hétérodyne du récepteur, on remarque que parfois les maxima d'amplitude des différents échos ne se trouvent

pas au même réglage. La différence d'accord atteint en certains cas 10 kilocycles. J'ai trouvé aussi en plusieurs occasions plusieurs maxima pour un écho déterminé, correspondant à des accords différant de quelques kilocycles.

L'enregistrement photographique de ces phénomènes fugitifs, qui ne durent généralement que quelques secondes, est plus difficile que l'observation directe, pendant laquelle on peut faire osciller le condensateur assez rapidement et par suite répéter les variations d'amplitude des échos un grand nombre de fois. Nous avons pu cependant à plusieurs reprises prendre des vues cinématographiques de la façon suivante : un moteur auxiliaire entraîne de façon continue les oscillations lentes du condensateur. Lorsqu'on observe des variations périodiques non simultanées des différents échos, on enclenche un engrenage qui relie l'appareil de prise de vues au même moteur. Huit vues sont prises par oscillation complète du condensateur. On constate sur le film que, à huit vues de distance, les images sont pratiquement superposables, tandis que d'une vue à l'autre les échos se modifient progressivement, l'un par exemple étant maximum quand un autre est minimum. On déduit de là que tous les échos n'ont pas toujours entre eux la même longueur d'onde et par conséquent n'ont pas toujours la longueur d'onde du signal, conclusion qui paraît importante pour l'explication du mécanisme de la réflexion.

Le fait qu'un même écho passe parfois par des maxima pour des réglages différents peut être rapproché de certains phénomènes de l'électrooptique. Il montre que l'onde réfléchie est alors divisée en plusieurs composantes de longueurs d'onde voisines, ayant subi dans l'ionosphère un même retard.

A l'appareillage décrit plus haut nous avons apporté récemment quelques perfectionnements. Le groupe d'antennes d'émission, compromis de médiocre rendement, a été remplacé par des cadres. Chaque cadre comporte une montée verticale d'un quart de longueur d'onde, un brin horizontal d'une demi-longueur d'onde, une descente verticale, reliée au sol par une résistance, d'un quart de longueur d'onde. Un tel aérien, non résonnant, ne rayonne que vers le zénith et rayonne convenablement pour une gamme de fréquences assez large. Un seul cadre suffit pour chacune des gammes de notre émetteur : trois cadres pour toute la bande 4500-2500 kilocycles. Le changement d'aérien a fait augmenter considérablement l'amplitude des échos observés.

Par ailleurs un superhétérodyne avec détection par diode a été monté, plus puissant que celui qui nous avait servi pour obtenir les résultats ci-dessus.

Avec cet ensemble les échos de jour ont apparu, généralement faibles et variables, du simple au décuple par exemple en quelques secondes.

Malgré l'accroissement du rayonnement vers le zénith, il ne semble pas que la force électromotrice induite dans l'aérien de réception dépasse jamais, pour ces échos du milieu du jour, quelques dixièmes de millivolt. On n'en observe généralement qu'un seul, rarement deux.

M. Auguste Chevalier fait hommage à l'Académie du Tome I de la *Flore vivante de l'Afrique Occidentale française*.

Cet Ouvrage dont il est l'auteur est publié sous les auspices du Gouvernement général de l'Afrique Occidentale française, et il sera continué avec la collaboration de la Chaire de Phanérogamie du Muséum et des travailleurs et correspondants du Laboratoire d'Agronomie coloniale. Il comprendra une vingtaine de tomes, et M. Chevalier a besoin de la collaboration de divers travailleurs pour que cet Ouvrage soit mené à bonne fin. Le territoire embrassé comprend non seulement nos Colonies de l'Afrique Occidentale française, mais aussi le Togo, le Cameroun nord, l'Oubangui-Chari-Tchad, le Sahara français, soit au total près de 7 millions de kilomètres carrés, 12 fois l'étendue de la France.

M. Chevalier a parcouru lui-même pendant 30 années la plupart de ces territoires; il a recueilli la plus grande partie des espèces, il a noté sur place leurs particularités biologiques et écologiques (d'où le nom de *Flore vivante* qu'il donne à l'Ouvrage); ce travail de prospection est continué aujourd'hui par une équipe de jeunes botanistes coloniaux dont les recherches prendront place dans les futurs volumes.

Une tâche considérable a déjà été accomplie dans l'exploration botanique de notre empire tropical africain, mais elle est loin d'être achevée : il reste encore certainement beaucoup de découvertes importantes à faire, notamment dans la grande forêt dense et dans les régions montagneuses. Ce travail n'intéresse pas seulement les hommes de science, mais aussi les agronomes et colons, aussi une place aussi importante que possible a-t-elle été faite aux plantes cultivées et aux plantes spontanées fournissant des produits utiles à l'Homme. M. Chevalier espère que ce travail ira encore en s'améliorant par la suite, grâce aux recherches qui se poursuivent.

Le R. P. **P. Lejay** (¹), Directeur de l'Observatoire de Zi-Ka-Wei, par l'organe de M. G. Perrier, fait hommage à l'Académie de deux brochures donnant le résultat des observations gravimétriques qu'il a exécutées dans l'Extrême-Orient et dans le Proche-Orient à l'aide du pendule Holweck-Lejay.

En Extrême-Orient, de février 1933 à juillet 1935, 323 mesures ont été exécutées, savoir :

19 à l'aller sur le trajet Marseille-Changhaï,
33 dans le nord de la Chine,
2 sur le bas Yang-Tsé-Kiang,
44 sur les côtes sud de la Chine,
34 aux Philippines, en Malaisie et aux Indes Néerlandaises,
34 au Cambodge,
67 dans le centre de la Chine,
21 dans le sud-ouest de la Chine,
64 au Tonkin, au Laos et en Annam,
5 stations au retour sur le trajet Saïgon-Paris.

Ce travail a permis d'établir des cartes d'égales anomalies de la pesanteur pour l'Indochine, la Chine et l'Archipel Malais.

Dans le Proche-Orient, le R. P. Lejay s'est arrêté quelques semaines à la fin de 1936 en rejoignant son poste à Changhaï. Il a occupé 58 stations dans les États du Levant sous Protectorat français en poursuivant ses déterminations jusque bien au delà de l'Euphrate. Il a pu ainsi dresser la carte gravimétrique de cette vaste région.

Aussi bien au Levant qu'en Extrême-Orient, le Père Lejay a déduit des anomalies de la pesanteur observée d'intéressantes conséquences sur la géologie et la tectonique des régions parcourues.

Ces travaux, poursuivis dans des régions où il n'existait encore rien ou presque rien comme déterminations d'intensité de la pesanteur, n'ont pu être menés à bonne fin que par l'emploi de l'appareil dû à la collaboration de M. Holweck, maître de Conférences à la Sorbonne, et du R. P. Lejay, le gravimètre Holweck-Lejay, dont l'usage se répand de plus en plus.

205 déterminations que le R. P. Lejay a exécutées l'an dernier au cours d'une nouvelle campagne dans les Iles Philippines feront prochainement l'objet d'un Mémoire analogue aux deux Mémoires présentés aujourd'hui.

(¹) Séance du 23 janvier 1939.

Sir **William Bragg** fait hommage à l'Académie de son *Allocution présidentielle* à la réunion annuelle de la *Royal Society*, le 30 novembre 1938.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à désigner un Membre pour chacune des Sections de Mathématiques; Mécanique, Statistique et Astronomie; Physique; Chimie; Biologie; Médecine; Sciences Naturelles du *Conseil Supérieur de la Recherche scientifique*, qui doit être renouvelé dans le courant de l'année 1939.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Georges Bruhat. *Les Étoiles* (présenté par M. A. Cotton).
2° K. J. Loukachev. *Région des glaces éternelles* (en langue russe).
3° A. Courtier. *Marées*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur le problème des moments.* Note de M. **Joseph Marcinkiewicz**, présentée par M. Émile Borel.

1. Étant donnée une suite quelconque c_n, le problème d'existence et d'unicité d'une variable aléatoire X satisfaisant aux conditions $\mathcal{E}(X^n) = c_n$ a été résolu d'une manière complète par M. H. Hamburger [1]. Malheureusement l'application du théorème de M. Hamburger présente des difficultés considérables. Nous croyons donc qu'un certain intérêt s'attache au

Théorème I. — *Étant donnée une suite* $\{A_n\}$ *de nombres positifs, pour que toute variable aléatoire* X *vérifiant les conditions*

$$\mathcal{E}(A^n) \leqq A_n \qquad (n = 1, 2, \ldots) \tag{1}$$

soit définie d'une façon univoque par la suite de ses moments, il faut et il

[1] *Math. Ann.*, **81**, 1920, p. 235-319; **82**, 1921, p. 120-164 et 168-187.

suffit que l'on ait

(2) $$\Sigma B_n^{-1} = \infty \quad \text{où} \quad B_m = \underset{m \geq n}{\text{borne inf}}\, A_n^{1/n}.$$

La suffisance de la condition (2) est connue ([1]). D'autre part, si (2) tombe en défaut on peut trouver ([2]) une fonction $h(x)$ définie dans l'intervalle $(-1, +1)$, s'annulant avec toutes ses dérivées dans le point zéro et satisfaisant aux conditions $|h^{(n)}(x)| \leq A_n$ $(-1 \leq x \leq 1, n = 1, 2, 3, \ldots)$. On vérifie facilement que la fonction $f(x) = h(1 - x^2)$, s'annulant avec ses dérivées dans les points $x = \pm 1$, vérifie les inégalités

$$|f^{(n)}(x)| \leq K^n A_n \qquad (K = \text{const.}, \; -1 \leq x \leq 1, \; n = 1, 2, \ldots).$$

Posons

$$f(x) = 0 \quad \text{pour} \quad |x| > 1 \quad \text{et} \quad \varphi(x) = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} f(x-t) f(t)\, dt}{\int_{-\infty}^{+\infty} f^2(t)\, dt};$$

La fonction $\varphi(x)$ est évidemment une fonction caractéristique d'une variable aléatoire Y symétrique satisfaisant aux conditions $\mathcal{E}(Y^n) \leq K^n A_n$.

Posons $X = Y/K$. La fonction caractéristique de X est $\varphi(x/K)$, donc elle s'annule pour $|x| > 2K$. La fonction $\varphi_1(x) = \varphi(x)$ pour $|x| \leq 2K$ et de période $2K$ est encore une fonction caractéristique d'une certaine variable aléatoire X_1. On a $\mathcal{E}(X^n) = \mathcal{E}(X_1^n)$, ce qui prouve notre théorème. On voit encore que *la condition* (2) *est nécessaire et suffisante pour qu'on puisse trouver une variable aléatoire* X *satisfaisant aux inégalités* (1) *et dont la fonction caractéristique s'annule en dehors d'un certain intervalle*, et par conséquent la même condition est nécessaire et suffisante pour que la division soit univoque dans la classe de variables aléatoires satisfaisant aux conditions (1). Remarquons que (1) *est encore une condition nécessaire et suffisante pour que la convergence dans un intervalle fini* $(-\Delta, \Delta)$ *d'une suite quelconque* $\{\varphi_n(x)\}$ *de fonctions caractéristiques vers une fonction caractéristique* $\varphi(x)$ *d'une variable aléatoire* X, *entraîne la convergence uniforme de* $\{\varphi_n(x)\}$ *vers* $\varphi(x)$ *dans tout intervalle fini dès que la variable aléatoire* X *satisfait aux conditions* (1).

2. La même méthode permet de donner toute une série d'exemples de

---

([1]) T. Carleman, *Fonctions quasi analytiques*, Paris, 1926, p. 80-81.

([2]) P. 61.

variables aléatoires pour lesquelles le problème de moments n'est pas univoque. Nous citons le

THÉORÈME II. — *Soit* X *une variable aléatoire dont la fonction de densité de probabilité* $p(x)$ *vérifie la condition* $p(x) \geqq K e^{-|x|^s}$ $(s < 1)$. *Il existe une variable aléatoire* $X_1 \neq X$ *telle que* $\mathcal{E}(X^n) = \mathcal{E}(X_1^n)$.

Ce théorème est connu [4] pour $s < 1/2$.

En appliquant le théorème de Cauchy on trouve facilement

$$(3) \qquad |\varphi^{(n)}(x)| \leqq A^n n^{n\left(1+\frac{1}{r}\right)} \qquad (-1 \leqq x \leqq 1) \quad \text{où} \quad \varphi(x) = \exp(1-x^2)^{-r}.$$

En posant

$$f(x) = \int_{-1}^{+1} \varphi(t) e^{-\frac{ixt}{\varepsilon}} dt, \qquad r = \frac{s}{1-s},$$

on voit facilement d'après (3) que $|f(x)| \leqq K/2 e^{-|x|^s}$ dès que ε est suffisamment petit. Soit $h(x) = \varphi(x+2)$ pour $-3 \leqq x \leqq -1$ et $h(x) = \varphi(x-2)$ pour $1 \leqq x \leqq 3$ et $h(x) = 0$ en dehors de ces deux intervalles. En ajoutant la fonction $h(x)$ à la fonction caractéristique de la variable X on obtient encore une fonction caractéristique. La variable aléatoire correspondante admet d'une façon évidente les mêmes moments que la variable X.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Lois de Mendel et homogamie.* Note de M. **Gustave Malécot**, présentée par M. Émile Borel.

Nous avons résumé [1] le problème des corrélations entre parents, pour des caractères résultant de l'addition des effets de facteurs mendéliens, et sous l'hypothèse d'accouplements se produisant au hasard des rencontres, ce qui entraînait l'indépendance des facteurs. Pour tenir compte maintenant de la tendance qu'ont les conjoints à se choisir suivant leur ressemblance, nous partirons de l'hypothèse suivante, voisine de celle qu'a proposée R. A. Fisher [2] : si l'on désigne par x le caractère considéré (mesuré à partir de sa valeur moyenne comme origine) et si les fréquences dans la population des groupes d'individus de valeurs x_1 et x_2 sont Π_1 et Π_2, la fréquence des accouplements entre ces deux groupes est

$$(1) \qquad \Pi_1 \Pi_2 (1 + \lambda x_1 x_2).$$

(4) P. Lévy, *Prace mat. fiz.*, 39, 1932, p. 19-28.

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 153 et 404.

(2) *Trans. R. S. of Edinburgh*, 52, 1918, p. 410 et suivantes.

Nous pouvons montrer alors que cette fréquence conserve la même expression si x_1 et x_2 sont, non plus les valeurs communes des individus des deux groupes, mais seulement leurs valeurs moyennes. Il est commode de représenter cette expression (1) par la notation $\Pi_1 \star \Pi_2$, le produit symbolique $\star$ étant commutatif et distributif.

Pour caractériser la liaison que cette *homogamie* introduit entre les divers facteurs mendéliens concourant au caractère x, nous désignons par (11), (12), (13), (21), etc., les fréquences avec lesquelles sont associées chez un même individu les trois phases possibles de deux facteurs; et par $(\mathbf{11})$, $(\mathbf{13})$, $(\mathbf{31})$, $(\mathbf{33})$ les fréquences avec lesquelles sont associés dans une même gamète les deux états possibles des deux gènes correspondants

$$\left[(\mathbf{11}) = (11) + \frac{(12)}{2} + \frac{(21)}{2} + \frac{(22)}{4} + \ldots\right].$$

Posons $(\mathbf{11}) + (\mathbf{13}) = (\mathbf{10}) = p$, $(\mathbf{30}) = q$, etc. Il résulte des lois de Mendel que les proportions p, q de chaque gène restent constantes au cours des générations, et que, quand la composition de la population est stabilisée, on a

$$(2)\quad \left\{\begin{array}{c} (\mathbf{11}) = (\mathbf{10}) \star (\mathbf{01}) = pp'(1 + \lambda_{TT'}), \quad (\mathbf{13}) = (\mathbf{10}) \star (\mathbf{03}) = pq'(1 + \lambda_{TS'}), \quad \ldots, \\ (11) = (\mathbf{11}) \star (\mathbf{11}), \quad (12) = 2(\mathbf{11}) \star (\mathbf{13}), \quad \ldots, \\ (10) = (\mathbf{10}) \star (\mathbf{10}) = p^2(1 + \lambda_{T^2}), \quad \ldots. \end{array}\right.$$

Pour analyser le rôle de la dominance, nous généralisons l'ajustement par moindres carrés défini dans nos Notes; nous distinguons dans x un *résidu de dominance* D et une *partie génétique* z choisie de manière à rendre minimum $M(D^2)$. On a alors $M(zD) = 0$, donc

$$M(x^2) = M(z^2) + M(D^2).$$

Nous déduisons des formules (2) une expression simple de ces dernières variances en supposant *négligeables* λ^2 *et* λ/n, n étant le nombre de facteurs qui interviennent (supposés du même ordre de grandeur). On a alors, en désignant par β^2 et ε^2 la variance de la partie génétique et du résidu de dominance de chaque facteur,

$$(3)\qquad M(z^2)\,[1 - \lambda M(z^2)] = \Sigma\beta^2, \qquad M(D^2) = \Sigma\varepsilon^2.$$

Le coefficient de corrélation entre les caractères x des deux conjoints résulte immédiatement de (1); c'est $m = \lambda M(x^2)$.

Si l'on considère chez deux conjoints les *parties génétiques* z, leur

coefficient de corrélation est de même $A = \lambda M(z^2) = \delta^2 m$, δ^2 désignant le rapport de la variance génétique à la variance totale.

On peut déduire de là les corrélations pour les types simples de parenté.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de transformations des formules de sommabilité.* Note de M. F. **Sunyer i Balaguer**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Soit $f_0(z) \equiv b_0 + b_1 z + b_2 z^2 + \ldots$ un élément de la fonction analytique $f(z)$; le rayon de convergence de $f_0(z)$ sera supposé > 0, mais complètement arbitraire, d'ailleurs.

Alors l'intégrale

$$F(z) = \int_0^z f\left[\frac{x\varphi(t, \varepsilon)}{\varphi_1(\alpha)}\right] \frac{\varphi'(t, \varepsilon)}{\varphi(t, \varepsilon) - \varphi_1(\alpha)} dt$$

$$\left[\varphi(t, \varepsilon) = 1 - \frac{\cos(2\pi t - i\varepsilon)}{\cos i\varepsilon} \quad (\varepsilon > 0), \qquad \varphi_1(\alpha) = 2 - \alpha \quad (2 > \alpha > 0)\right],$$

calculée suivant le chemin rectiligne, sera une branche de fonction analytique (¹) développable autour de l'origine par la série de Taylor, sous la forme $a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots$ (où $a_0 = 0$). Cette branche peut être représentée dans son étoile rectiligne, ou étoile A de Mittag-Leffler, par une foule d'expressions composées avec z, a_0, a_1, ..., expressions avec 1, 2, 3, ou plus, passages à la limite [voir par exemple A. Buhl, *Séries analytiques. Sommabilité* (Mém. des Sc. Math., fasc. VII)].

Soit

$$\lim_{n_1 \succ g_1} \ldots \lim_{n_h \succ g_h} \psi_{n_1, n_2, \ldots, n_h}(z, a_0, a_1, \ldots, a_{n_r}) \qquad (g_r = \infty)$$

une des méthodes de sommabilité que nous venons de citer. Si z est dans l'étoile A de $F(z)$, nous aurons

$$F(z) = \lim_{n_1 \succ g_1} \ldots \lim_{n_h \succ g_h} \psi_{n_1, n_2, \ldots, n_h} \quad (z, a_0, a_1, \ldots, a_{n_r}).$$

Attendu que a_n est une fonction linéaire de b_0, $b_1 x$, ..., $b_{n-1} x^{n-1}$, dans laquelle les coefficients dépendent de α et de ε, on peut écrire

$$\psi_{n_1, n_2, \ldots, n_h}(z\, a_0, a_1, \ldots, a_{n_r}) = \beta_{n_1, n_2, \ldots, n_h} \quad (z, x, \alpha, \varepsilon, b_0, \ldots, b_{n_r - 1}),$$

(¹) Naturellement, cette intégrale doit être calculée en prenant la valeur de $f\{[x\varphi(t, \varepsilon)]/\varphi_1(\alpha)\}$, obtenue en prolongeant analytiquement $f_0\{[x\varphi(t, \varepsilon)]/\varphi_1(\alpha)\}$ suivant le chemin d'intégration.

et partant

$$F(z) = \lim_{n_1 \to g_1} \dots \lim_{n_h \to g_h} \beta_{n_1, n_2, \dots, n_h} \quad (z, x, \alpha, \varepsilon, b_0, \dots, b_{n_r - 1}).$$

2. Si x est dans l'étoile A de $f_0(z)$, on voit facilement, que pour des valeurs suffisamment petites de α et de ε, l'ellipse décrite par la variable $y = x\varphi(t, \varepsilon)/\varphi_1(\alpha)$, quand t décrit le segment réel $(0, 1)$, est complètement à l'intérieur de l'étoile A de $f_0(z)$, et partant, le point $z = 1$ appartiendra à l'étoile A de $F(z)$. Ceci posé, on voit facilement, en appliquant la formule de Cauchy, que, si x appartient à l'étoile A de $f_0(z)$, on aura

$$(1) \quad \begin{cases} f_1(x) = \dfrac{1}{2\pi i} \lim\limits_{\varepsilon \to 0} \lim\limits_{\alpha \to 0} F(1) = \dfrac{1}{2\pi i} \lim\limits_{\varepsilon \to 0} \lim\limits_{\alpha \to 0} \lim\limits_{n_1 \to g_1} \dots \lim\limits_{n_h \to g_h} \beta_{n_1, n_2, \dots, n_h} \\ \qquad (1, x, \alpha, \varepsilon, b_0, \dots, b_{n_r} - 1), \end{cases}$$

$f_1(x)$ étant la valeur de $f(x)$ obtenue en prolongeant analytiquement $f_0(z)$ de l'origine à x en suivant le chemin rectiligne.

Nous avons donc obtenu une nouvelle méthode de sommabilité dans l'étoile d'holomorphie. On voit que cette méthode est plus compliquée, quant au nombre de passages à la limite, que celle de laquelle on est parti, car elle contient deux passages à la limite de plus. Mais il est facile de voir qu'on peut joindre les deux derniers passages à la limite en faisant dépendre α et ε d'une même variable. De plus, il peut arriver pour des méthodes ψ, qu'on puisse, dans la formule (1), joindre un nombre plus grand de passages à la limite et, aussi, qu'on puisse réduire la formule (1) à une série simple de polynomes. Toutes ces possibilités je pense les discuter, avec plus de détails, dans un autre travail.

3. La méthode de sommabilité de la formule (1) converge, comme nous avons vu, dans l'étoile rectiligne de $f_0(z)$; mais on ne peut pas affirmer qu'elle diverge au dehors. On voit, au contraire, que la méthode converge encore, mais non vers $f_1(x)$, quand x est sur l, si l est, par exemple, un segment rectiligne appartenant à la frontière de l'étoile A de $f_0(z)$ et satisfaisant aux trois conditions suivantes : *a.* dans un voisinage suffisamment petit de l n'existent que des points intérieurs à l'étoile A de $f_0(z)$ et des points de la droite qui contient l; *b.* on peut prolonger $f_1(z)$ en traversant l par un point quelconque, et dans le sens suivant lequel l'argument de z croît; *c.* après ce prolongement on retrouve $f_1(z)$.

4. Si, au lieu de partir de $F(z)$, nous partons de

$$F_1(z) = \int_0^z \left[f\left(\frac{x\varphi(t, \varepsilon)}{\varphi_1(\alpha)}\right) \frac{1}{(\varphi t, \varepsilon) - \varphi_1(\alpha)} - f\left(\frac{x\varphi(t, \varepsilon)}{\varphi_1(-\alpha)}\right) \frac{1}{\varphi(t, \varepsilon) - \varphi_1(-\alpha)} \right] \varphi'(t, \varepsilon)\, dt,$$

nous obtiendrons des méthodes de sommabilité convergentes vers $f_1(x)$ inclus, quand x est sur les segments l de l'exemple du paragraphe précédent. Plus encore, avec une condition sur le domaine d'holomorphie de la branche de $f(z)$, qu'on obtient en prolongeant $f_1(z)$ à travers de l, dans le sens suivant lequel croît l'argument de z, la formule (1) reste encore valable sur l sans la condition c du paragraphe 3. Mais alors la formule (1) doit s'écrire

$$f_d(x) = \frac{1}{2\pi i} \lim_{\varepsilon \to 0} \lim_{\alpha \to 0} \mathrm{F}_1(1),$$

en désignant par $f_\alpha(x)$ la valeur de $f(x)$ qu'on obtient en prolongeant analytiquement $f_0(z)$ de l'origine au point x, en suivant un chemin à droite du chemin rectiligne et infiniment prochain à celui-ci.

5. On peut évidemment, en changeant dans $\mathrm{F}(z)$ et $\mathrm{F}_1(z)$ la signification de $\varphi(t, \varepsilon)$ et $\varphi_1(\alpha)$, obtenir, en partant de formules de sommabilité valables dans l'étoile rectiligne, des formules valables dans des étoiles curvilignes. Par exemple, on peut prendre dans $\mathrm{F}(z)$

$$\varphi(t, \varepsilon) = 1 - \cos 2\pi t - i[1 + \varepsilon(1 - 2t)] \sin^2 2\pi t,$$
$$\varphi_1(\alpha) = 2 - \alpha - i(2\alpha - \alpha^2).$$

ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES. — *Sur la compatibilité des points singuliers stables des équations différentielles algébriques.* Note de M. **Vladimir A. Kostitzin**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit

$$(1) \qquad q'_i = f_i(q_1, q_2, \ldots, q_m) \qquad (i = 1, 2, \ldots, m)$$

un système d'équations différentielles, les fonctions f_i étant des polynomes en $q_1, q_2, \ldots, q_m$ d'ordre quelconque. MM. Lagoutinsky (¹), Appelrot (²) et Petrovitch (³) ont montré que par les opérations élémentaires on peut toujours donner au système (1) la forme canonique

$$(2) \qquad p'_i = p_i \mathrm{L}_i = \Phi_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

(¹) *Rec. Math. Moscou*, 27, 1909, p. 420-423 (en russe).
(²) *Rec. Math. Moscou*, 32, 1923, p. 9-21 (en russe).
(³) *Publ. Math. Univ. Belgrade*, 6, 1937, p. 290-325.

L_i étant une expression linéaire à coefficients constants

$$(3)\qquad L_i = \varepsilon_i - \sum_{k=1}^{n} \mu_{ik} p_k \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

et l'ordre n du système (2) étant égal ou supérieur à l'ordre m du système (1). Or, le système (2) n'est pas autre chose que le système d'équations de la lutte pour la vie Lotka-Volterra, et ainsi l'étude de ce problème biologique acquiert un intérêt analytique considérable.

Désignons par $D = D(1, 2, \ldots, n) = \{\mu_{ik}\}$ le déterminant des expressions linéaires L_i, par $D(i_1, i_2, \ldots, i_k)$ le mineur diagonal formé par les éléments se trouvant à l'intersection des lignes d'ordre $i_1, i_2, \ldots, i_k$ et les colonnes d'ordre $i_1, i_2, \ldots, i_k$, et par $E_h\{D(i_1, i_2, \ldots, i_k)\}$ le résultat du remplacement de la colonne i_h de ce mineur par les nombres $\varepsilon_{i_1}, \varepsilon_{i_2}, \ldots, \varepsilon_{i_k}$. Supposons que le déterminant D, tous ses mineurs diagonaux et tous les $E_h\{\ldots\}$ soient différents de zéro. Dans ce cas, le nombre des points singuliers du système (2) est égal à 2^n. Caractérisons ces points par le nombre, que nous appelons *ordre*, de coordonnées non nulles : le nombre de points d'ordre k est égal à

$$(4)\qquad \nu_k = \frac{n!}{k!(n-k)!}.$$

Étudions la stabilité d'un de ces points, par exemple du point

$$(5)\qquad p_h = \frac{E_h\{D(1, 2, \ldots, k)\}}{D(1, 2, \ldots, k)} \quad (h = 1, 2, \ldots, k), \qquad p_h = 0 \quad (h \neq 1, 2, \ldots, k).$$

Formons les dérivées partielles

$$(6)\qquad \frac{\partial \Phi_j}{\partial p_s} = 0 \qquad (j \neq 1, 2, \ldots, k, s),$$

$$(7)\qquad \frac{\partial \Phi_j}{\partial p_s} = -\mu_{js} p_j \qquad (j = 1, 2, \ldots, k),$$

$$(8)\qquad \frac{\partial \Phi_j}{\partial p_j} = \varepsilon_j - \sum_{q=1}^{k} \mu_{jq} p_q = \frac{E_j\{D(1, 2, \ldots, k, j)\}}{D(1, 2, \ldots, k)} \qquad (j \neq 1, 2, \ldots, k).$$

En vertu de ces relations, l'équation caractéristique se réduit à $n-k$ équations linéaires

$$(9)\qquad \rho - \frac{E_j\{D(1, 2, \ldots, k, j)\}}{D(1, 2, \ldots, k)} = 0 \qquad (j \neq 1, 2, \ldots, k)$$

et à l'équation de l'ordre k

$$(10)\qquad \begin{vmatrix} \rho+\mu_{11}p_1 & \mu_{12}p_1 & \dots & \mu_{1k}p_1 \\ \mu_{21}p_2 & \rho+\mu_{22}p_2 & \dots & \mu_{2k}p_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_{k1}p_k & \mu_{k2}p_k & \dots & \rho+\mu_{kk}p_k \end{vmatrix} = 0.$$

On en tire les conditions suivantes nécessaires à la stabilité du point singulier (5)

$$(11)\qquad p_1 p_2 \dots p_k \mathrm{D}(1, 2, \dots, k) > 0,$$

$$(12)\qquad \frac{\mathrm{E}_j\{\mathrm{D}(1, 2, \dots, k, j)\}}{\mathrm{D}(1, 2, \dots, k)} < 0 \qquad (j \neq 1, 2, \dots, k).$$

Nous n'utilisons pas les autres conditions de stabilité résultant de l'équation caractéristique (10). Supposons, sans restreindre la généralité, conformément à l'interprétation biologique des équations (2), que toutes les coordonnées non nulles soient positives et que le point (5) se trouve dans la partie positive de l'espace $(p_1, p_2, \dots, p_n)$ ou sur sa frontière. Dans ces conditions les équations (11) et (12) deviennent

$$(13)\qquad \mathrm{D}(1, 2, \dots, k) > 0,$$

$$(14)\qquad \mathrm{E}_j\{\mathrm{D}(1, 2, \dots, k, j)\} < 0 \qquad (j \neq 1, 2, \dots, k)$$

et l'on a, d'autre part,

$$(15)\qquad \mathrm{E}_h\{\mathrm{D}(1, 2, \dots, k)\} > 0 \qquad (h = 1, 2, \dots, k).$$

Or le déterminant (14) n'est pas autre chose que le numérateur de l'expression analogue à (5) représentant une des coordonnées non nulles d'un point singulier d'ordre $(k+1)$. Si ce point singulier était positif et stable, le déterminant $\mathrm{D}(1, 2, \dots, k, j)$ devrait être positif ainsi que le déterminant (14). Or, en vertu de (14), ce dernier déterminant est négatif. Donc, ou bien ce point singulier d'ordre $(k+1)$ est positif, et alors il est instable, ou bien il est stable, et alors il ne se trouve ni dans la région positive, ni sur sa frontière. Ce raisonnement est valable pour tous les $j \neq 1, 2, \dots, k$; par conséquent, la stabilité d'un point singulier positif d'ordre k à coordonnées non nulles $p_{i_1}, p_{i_2}, \dots, p_{i_k}$ est incompatible avec la stabilité de tous les points positifs à coordonnées non nulles $p_{i_1}, p_{i_2}, \dots, p_{i_k}, p_j$; d'autre part, cette stabilité est incompatible avec celle de tous les points singuliers positifs d'ordre $(k-1)$ à indices choisis parmi i_1, i_2, ..., i_k. Il en résulte que la stabilité d'un point singulier positif d'ordre k

a comme conséquence l'instabilité ou l'absence de la partie positive de l'espace, de n points singuliers, dont k d'ordre $(k-1)$ et $(n-k)$ d'ordre $(k+1)$. Ces résultats peuvent être facilement généralisés si l'on tient compte d'autres conditions de stabilité non utilisées dans cette Note.

FONCTIONS D'UNE VARIABLE RÉELLE. — *Sur les inégalités entre les maxima des dérivées successives d'une fonction.* Note de M. **Henri Cartan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Nous disons que $f(x)$, indéfiniment dérivable sur un intervalle I, appartient à la classe $\{A_n\}$ si à tout $x_0 \in I$ on peut associer un ρ fini et un voisinage $V(x_0)$, de manière que les inégalités $|f^{(n)}(x)| \leq \rho^n A_n$ aient lieu en tout point x de I qui appartient à $V(x)$. Cette définition coïncide avec celle donnée par Hadamard et Denjoy dans le cas où l'intervalle I est *fini et fermé*.

Pour chaque intervalle (fini ou infini, ouvert ou fermé) se pose un *problème d'équivalence* (Carleman) : à quelles conditions doivent satisfaire les coefficients A_n et A'_n de deux classes pour que la classe $\{A_n\}$ soit contenue dans la classe $\{A'_n\}$? Il est indispensable de préciser la nature de l'intervalle considéré, comme on va le voir.

2. Au sujet de ce problème, qui a déjà été étudié par divers auteurs [1], j'ai obtenu quelques résultats dont les démonstrations paraîtront dans un autre Recueil.

Théorème I. — *Soit $\{A_n\}$ une classe qui contient toutes les fonctions analytiques* [ce qui s'exprime par la condition

$$\overline{\lim_{n\to\infty}} \left(\frac{A_n}{n!}\right)^{\frac{1}{n}} > 0 \tag{1}$$

].

Pour qu'une classe $\{A'_n\}$ contienne la classe $\{A_n\}$ sur un intervalle OUVERT, *il*

---

[1] Avant tout, S. Mandelbrojt [*Séries de Fourier et classes quasi analytiques* (Collection Borel, 1935), p. 91-100], puis Gorny (*Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1245). Mania (*Math. Zeitschrift*, **42**, 1937, p. 700) s'est aussi occupé de ce problème; mais les résultats qu'il a cru établir pour l'intervalle fermé ne valent en réalité que pour l'intervalle ouvert, par suite d'une inadvertance dans une démonstration.

faut et il suffit que l'on ait

$$\overline{\lim_{n\to\infty}}\left(\frac{\overline{A_n}}{A'_n}\right)^{\frac{1}{n}} < +\infty. \tag{2}$$

$\overline{A_n}$ désigne le terme général de la suite *rectifiée*, c'est-à-dire de la plus grande des suites B_n telles que $B_n \leq A_n$ et que $\log B_n$ soit fonction convexe de n.

La condition (2) est *nécessaire*, en vertu des résultats de Mandelbrojt [2]. Nous montrons qu'elle est *suffisante* en prouvant que, *sur tout intervalle ouvert, les classes* $\{A_n\}$ *et* $\{\overline{A_n}\}$ *sont identiques chaque fois que la condition* (1) *est remplie*. Ce résultat n'est pas valable pour un intervalle *fermé*, comme on le voit sur un exemple.

Théorème II. — *Soit* $\{A_n\}$ *une classe qui contient toutes les fonctions analytiques, et telle que l'égalité* $A_n = \overline{A_n}$ *ait lieu pour une suite* $\{n_i\}$ *d'indices telle que* n_{i+1}/n_i *soit borné. Pour qu'une classe* $\{A'_n\}$ *contienne la classe* $\{A_n\}$, *il faut et il suffit* (quel que soit l'intervalle considéré) *que la condition* (2) *soit remplie*.

Nous dirons qu'une classe $\{B_n\}$ est *régulière* [3] si $\log(B_n/n!)$ est une fonction convexe de n; une telle classe contient la classe analytique. On voit facilement que si une classe rectifiée $\{\overline{A_n}\}$ est identique à une classe régulière, le rapport n_{i+1}/n_i est borné pour la classe $\{A_n\}$. D'où :

Théorème II *bis*. — *Pour qu'une classe* $\{A_n\}$ *soit identique à une classe régulière* $\{B_n\}$, *il faut et il suffit* (quel que soit l'intervalle considéré) *que l'on ait*

$$0 < \underline{\lim}\left(\frac{A_n}{B_n}\right)^{\frac{1}{n}} \leq \overline{\lim}\left(\frac{\overline{A_n}}{B_n}\right)^{\frac{1}{n}} < +\infty.$$

En particulier : *pour qu'une classe* $\{A_n\}$ *soit identique à la classe* $\{n!\}$, *il faut et il suffit que soit remplie, outre la condition* (1), *la condition*

$$\overline{\lim}\left(\frac{\overline{A_n}}{n!}\right)^{\frac{1}{n}} < +\infty. \tag{3}$$

Cette condition se transforme aisément

---

(2) *Loc. cit.*, p. 91-92.

(3) Ce type de classe a déjà été considéré, notamment par Mania (*loc. cit.*) et P. Flamant (*Journal de Math.*, 9e série, **16**, 1937, p. 375-420). Il m'a paru commode d'employer l'épithète de *régulière* pour une telle classe.

THÉORÈME III. — *Pour qu'une classe* $\{A_n\}$ *contienne toutes les fonctions analytiques et pas d'autres fonctions, il faut et il suffit qu'il existe un* σ *et un* ρ, *positifs et finis, tels que l'on ait*

1° $A_n \geqq \sigma^n\, n\,!$ *pour tout* $n > 0$;

2° $A_{n_i} \leqq \rho^{n_i}\, n_i!$ *pour une suite infinie* $\{n_i\}$,

telle que n_{i+1}/n_i *soit borné.*

3. Je déduis les résultats ci-dessus d'inégalités relatives aux maxima d'une fonction et de deux de ses dérivées. Ces inégalités diffèrent, sans doute, peu de celles dont Gorny ([4]) s'est servi pour des questions analogues, sans les publier explicitement. On les établit en partant d'inégalités de S. Bernstein et Markoff ([5]) relatives aux dérivées des polynomes.

LEMME. — *Soit* $f(x)$ p *fois dérivable sur un intervalle fermé fini* I, *avec*

$$|f(x)| \leqq M_0, \qquad |f^{(p)}(x)| \leqq M_p \qquad \text{pour } x \in \mathrm{I}.$$

Soit k *un entier* $< p$. *On a, au milieu* x_0 *de l'intervalle* I,

$$(4) \qquad |f^{(k)}(x_0)| < 2\, e^k\, M_0^{1-\frac{k}{p}}\, M_p'^{\frac{k}{p}}$$

et, pour tout $x \in \mathrm{I}$,

$$(5) \qquad |f^{(k)}(x)| < 2\left(\frac{e^2 p}{k}\right)^k M_0^{1-\frac{k}{p}}\, M_p'^{\frac{k}{p}},$$

M'_p *désignant la plus grande des quantités* M_p *et* $p!\,M_0\,\alpha^{-p}$. *On désigne par* α *la demi-longueur de* I *dans le cas* (4), *la longueur de* I *dans le cas* (5).

BALISTIQUE EXTÉRIEURE. — *Les deux équations de Mayevski. Remarque sur l'emploi exclusif de la seconde.* Note de M. **ROBERT D'ADHÉMAR**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Adoptons les notations et les axes utilisés antérieurement ([1]). En particulier, ψ est l'angle d'Euler, J désigne la valeur absolue de la vitesse d'abaissement de la tangente, P est une expression déduite de celle du

([4]) GORNY, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1245 et 1872.

([5]) Voir S. BERNSTEIN, *Leçons sur les propriétés extrémales* etc. (Collection Borel, 1926), p. 28-46.

([1]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 771; 204, 1937, p. 848; 206, 1938, p. 647.

moment de la poussée de l'air, Q désigne la fonction de Mayevski, et l'on a

$$P = JQ.$$

Pour exprimer que Y est petit, ou négligeable par rapport à X, employons le symbole suivant, $Y = \beta(X)$.

1. Posons

$$(1) \qquad p = 0,$$

ce qui équivaut à la première équation de Mayevski.

La seconde équation de Mayevski sera vérifiée, *ipso facto*, si les deux conditions suivantes sont remplies :

$$(2) \qquad \frac{J}{\delta} = \beta(\omega),$$

$$(3) \qquad 2P = \beta(\omega).$$

Écrivons la première équation du moment cinétique, en posant $\psi' \equiv x$,

$$(4) \qquad x^2\delta - \omega x\delta + \omega P\delta - \omega J \sin\psi - \delta'' + J'\cos\psi = 0.$$

L'équation (1) étant vérifiée, l'équation (4) prend la forme

$$(5) \qquad x^2 - x\left(\omega - \frac{J}{\delta}\sin\psi\right) + \omega P - \omega\frac{J}{\delta}\sin\psi = 0.$$

L'expression du discriminant est ici

$$D = \left(\omega + \frac{J}{\delta}\sin\psi\right)^2 - 4\omega P.$$

Si les conditions (2) et (3) sont vérifiées, nous avons

$$D \sim \left(\omega + \frac{J}{\delta}\sin\psi - 2P\right)^2.$$

La seconde équation de Mayevski en résulte immédiatement.

2. Nous avons *une autre classe* de solutions approchées qui vérifient la seconde équation de Mayevski, mais non la première.

Reprenons l'équation (4) et supposons, par exemple,

$$P\delta = J \qquad \text{et} \qquad |\delta''| = \beta(\omega J).$$

L'équation (4) pourra être remplacée par

$$(6) \qquad x^2 - \omega x + \omega P - \omega\frac{J}{\delta}\sin\psi = 0.$$

Considérons l'ensemble des trois derniers termes. Ils donnent la seconde équation de Mayevski qui est valable, comme approximation, si la valeur de x satisfait à la condition

$$|x| = \beta(\omega),$$

ce qui sera facilement vérifié. Par exemple, nous obtenons ainsi les solutions très simples

$$(7) \qquad P\delta = J, \qquad \psi = \frac{\pi}{2},$$

$$(8) \qquad P\Delta = J \sin\lambda, \qquad \psi = \lambda,$$

λ étant une constante comprise entre o et π.

3. Ces considérations s'appliquent au tir de plein fouet, et, plus généralement, aux angles de départ assez petits pour que la vitesse reste *assez grande* sur la partie utile de la trajectoire. Des considérations analogues permettent d'apporter une contribution à l'étude de certains *amortissements*.

Il en résulte que les équations de Mayevski permettent d'établir une *classification* des mouvements gyroscopiques du projectile tournant.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les compresseurs axiaux et l'influence du jeu.* Note [1] de M. **Marcel Sédille**, présentée par M. Henri Villat.

Dans une roue mobile de turbomachine axiale tous les filets doivent, autant que possible, être augmentés de la même quantité d'énergie, tout au moins pour le régime de fonctionnement optimum. La circulation autour des pales doit donc être constante quel que soit le rayon. L'existence d'un certain jeu de fonctionnement entre l'aile et la paroi fait qu'elle doit cependant s'annuler plus ou moins brusquement dans cette région et qu'il doit apparaître un tourbillon marginal. L'énergie cinétique tourbillonnaire correspondante, qui ne peut être récupérée par un redresseur, constitue une perte. Suivant la théorie des ailes portantes, cette perte est minimum lorsqu'une distribution optimum de la circulation suivant le rayon est réalisée. On est alors loin de la condition de circulation autant que possible constante, mais le calcul de cette perte minimum n'en constitue pas moins un calcul approché de la perte réelle.

---

[1] Séance du 9 janvier 1939.

On peut, en première approximation, négliger l'influence de la courbure des lignes de courant autour de l'axe de rotation. L'approximation correspondante est probablement grossière pour les roues à grande vitesse spécifique, mais dans ce cas, le calcul n'a que peu d'importance pratique, par suite de la faible valeur relative de la perte correspondante; elle est assez près de la réalité pour les roues de compresseurs axiaux à fort rapport de compression pour lesquels la hauteur des pales est nécessairement faible et la perte relative due au jeu importante. En annulant le décalage longitudinal des différents éléments du multiplan correspondant, on est ramené à étudier la résistance induite du schéma portant de la figure 1, c'est-à-dire finalement à calculer le mouvement correspondant à un courant de vitesse parallèle aux murs qui l'enserrent. En appelant φ_m la valeur moyenne du potentiel de ce mouvement le long de l'aile et ψ son débit total, on aura pour la résistance induite

$$c_x = c_z^2 \frac{\psi}{4\varphi_m} \frac{l}{L},$$

avec les désignations de la figure 1. En comparant cette formule avec celle de l'aile isolée, on peut en déduire l'allongement correspondant équivalent donné en fonction de l'allongement réel L/l par la formule $(ac) = (ar) \times (4\varphi_m)/\pi\psi$.

Les transformations $z = pu$, $z' = z - (z_0 - e_1)/3$, $z' = pu'$ changent le rectangle OBCD en un rectangle dont deux côtés opposés constituent seuls des parois (*fig.* 1). On a alors

$$\varphi + i\psi = iu'.$$

Tous calculs faits, les courbes de la figure 2 donnent, à titre d'exemple, les valeurs de l'allongement équivalent en fonction de l'allongement réel et du jeu relatif j/L pour la valeur $1/2$ du paramètre p/l qui correspond sensiblement aux valeurs courantes pour le pas relatif et l'inclinaison des pales.

Dans la zone des jeux relatifs réalisés pratiquement, ces résultats ne sont pas quantitativement vérifiés par l'expérience qui donne des allongements équivalents supérieurs. La théorie ne prévoit aucune résistance à la formation du tourbillon marginal. En réalité, l'aile présente une certaine épaisseur qui augmente la résistance à l'écoulement, le gradient de vitesse considérable fait intervenir la viscosité et le bord coupant de l'aile intro-

duit une contraction, tous phénomènes qui ont pour effet de diminuer le débit de fuite et de permettre à la différence de potentiel sur la tranche de

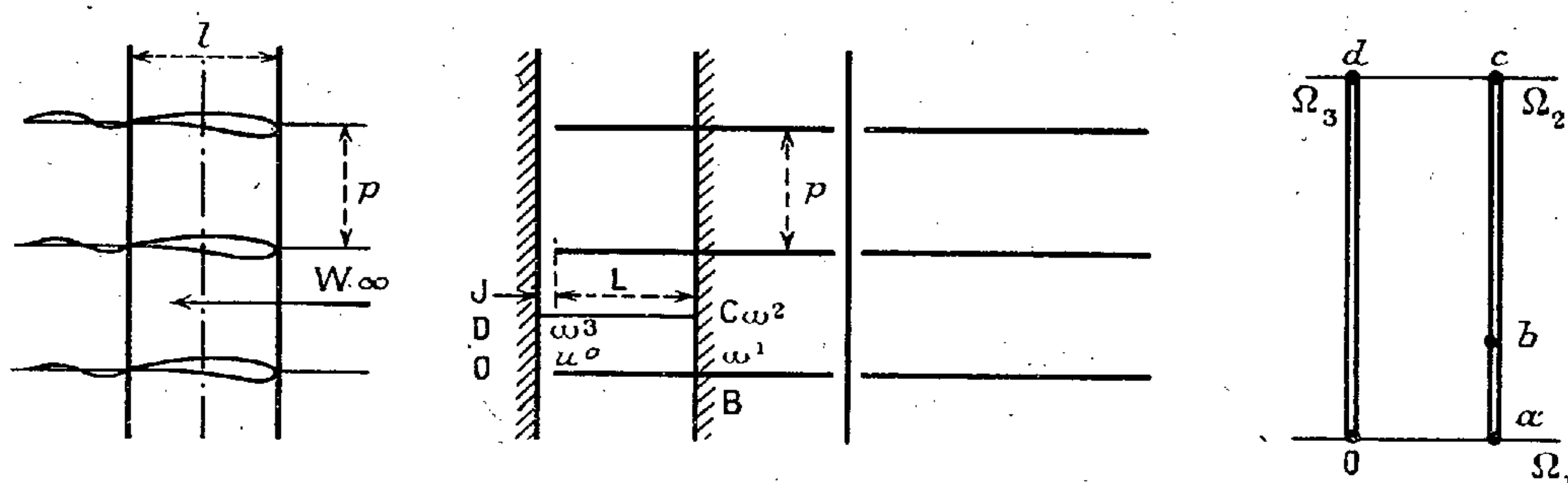


Fig. 1.

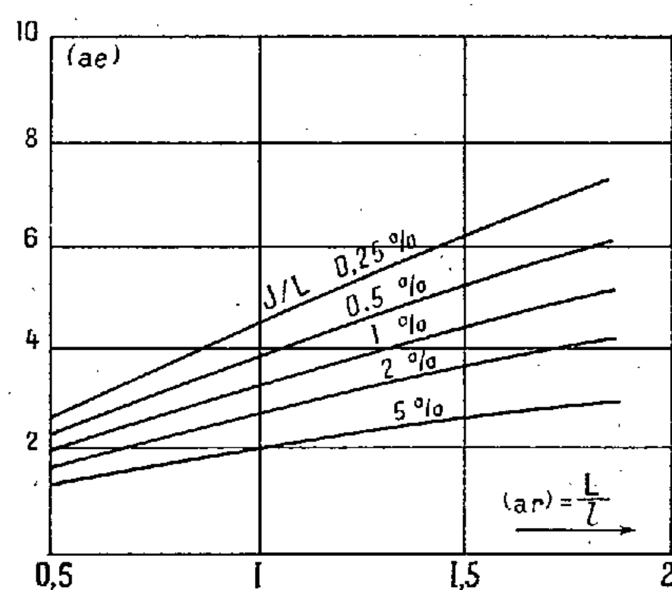


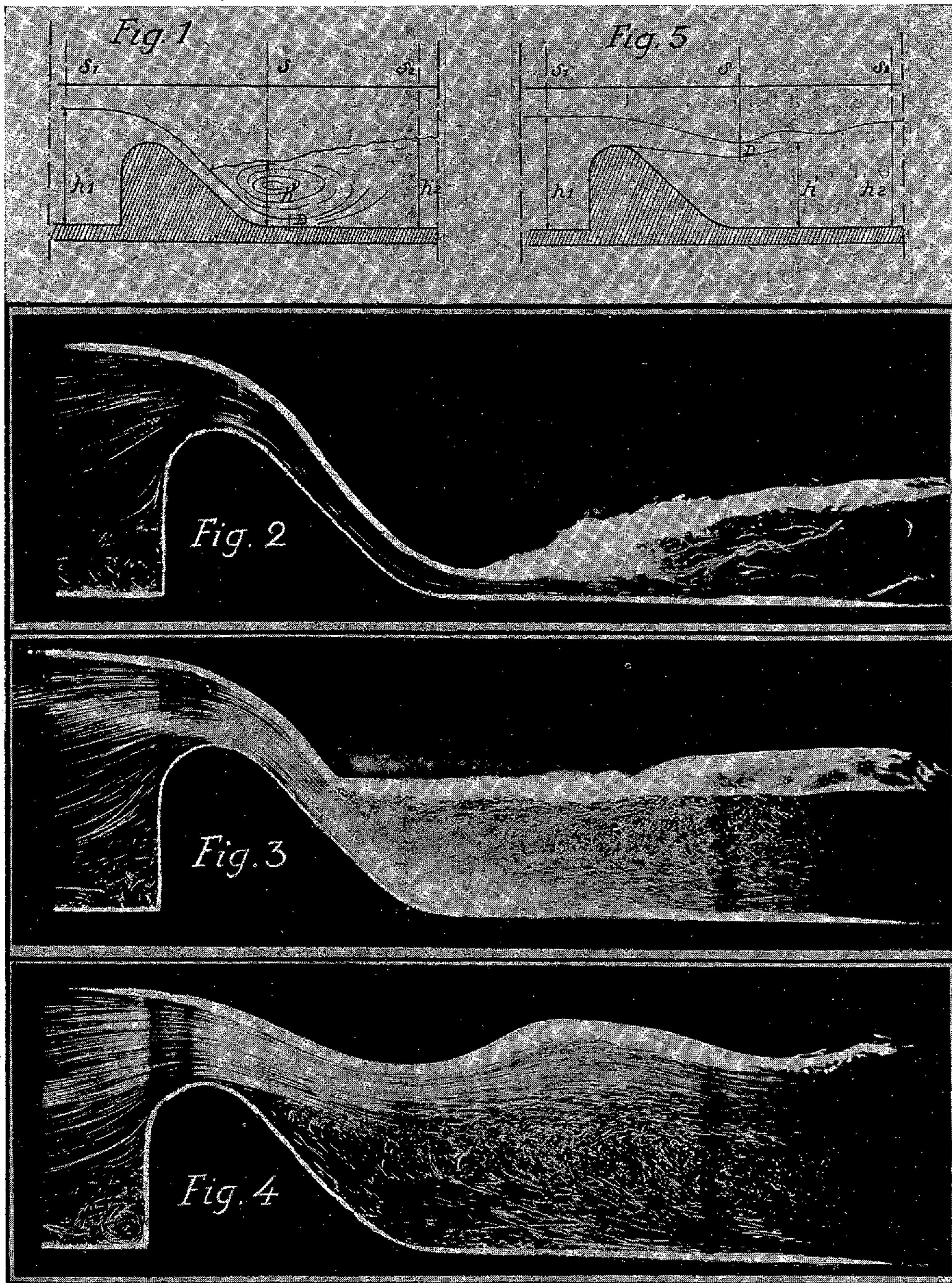
Fig. 2.

rester finie. La centrifugation de la couche limite des pales l'accumule dans la région du jeu périphérique et produit un effet de bouchon s'opposant également à la formation du tourbillon marginal. La couche limite de la paroi extérieure a également une influence certaine dans le même sens.

HYDRAULIQUE. — *Sur l'écoulement à l'aval d'un barrage déversoir.* Note (¹) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Considérons un barrage déversoir placé dans un canal à section droite rectangulaire et à fond horizontal (*fig.* 1). Supposons que l'on maintienne constant le tirant d'eau amont h_1, et considérons les aspects divers de

(¹) Séance du 2 novembre 1938.


Fig. 1
Fig. 5
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4

l'écoulement à l'aval du barrage, selon les valeurs successives et croissantes du tirant d'eau h_2.

En l'absence de retenue aval, on obtient un courant à grande vitesse aboutissant à un ressaut très éloigné du barrage.

En augmentant progressivement h_2, le ressaut se rapproche du barrage et, pour une valeur de h_2 que nous appellerons *valeur critique*, il se fixe juste après la section S (*fig.* 2).

Pour des valeurs plus fortes de h_2, le ressaut atteint le barrage et une zone tourbillonnaire prend naissance au-dessus de la veine à grande vitesse, collée au fond (*fig.* 1 et 3); celle-ci s'épanouit brusquement en formant ce que nous avons appelé un *point d'éclatement*, à propos de l'étude des vannes de fond [2].

Pour un h_2 assez grand, le niveau aval réagit sur le débit qui, jusque-là, était indépendant de h_2 et fonction seulement de h_1.

Enfin, pour une valeur de h_2 très peu supérieure à la précédente, dans le cas du profil étudié, la lame déversante se reporte en surface, et donne l'écoulement à nappe ondulée (*fig.* 4 et 5).

Lorsqu'on opère suivant des valeurs décroissantes de la retenue aval, on parcourt en sens inverse tout le cycle des écoulements précédents; toutefois, le passage de la nappe ondulée à la lame noyée en dessus s'effectue avec un phénomène d'hystérésis, déjà signalé par Bazin.

Soient h' le tirant d'eau dans la section S, q le débit par unité de largeur, H_1 la charge totale dans la section S_1 et D l'épaisseur du courant direct à grande vitesse dans la section S.

a. Écoulement à veine noyée en dessus. — L'application du théorème de Bernoulli entre S_1 et S et du théorème d'Euler entre S et S_2 [3] permet d'écrire

$$q = D\sqrt{2g(H_1 - h')}, \tag{1}$$

$$h'^2 = h_2^2 - \frac{2q^2}{g}\,\frac{h_2 - D}{D h_2}. \tag{2}$$

En particulier, pour $h' = D$, on obtient les relations suivantes qui fournissent, en fonction de H_1 et q, les valeurs de h_2 critique et de D

$$q = D\sqrt{2g(H_1 - D)}, \tag{3}$$

$$h_2 = -\frac{D}{2} + \sqrt{\frac{D^2}{4} + \frac{2q^2}{gD}}. \tag{4}$$

---

(2) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 164.
(3) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 649.

b. Nappe ondulée. — Du fait de la courbure des trajectoires, une pression dynamique se superpose à la pression statique dans la section S; on peut admettre, en première approximation, que cette pression dynamique, constante et égale à εh, avec $h = h_2 - h'$ et $0 < \varepsilon < 1$, dans le rouleau inférieur, varie linéairement de 0 à εh dans l'épaisseur du courant direct de surface. Dans ce cas les relations (1) et (2) deviennent

$$(5)\quad \left\{\begin{aligned} &(1-\varepsilon)D^2 + \left[h(1-2\varepsilon) + 2\varepsilon h_2 + \frac{2q^2}{ghh_2}\right]D - \frac{2q^2}{gh} = 0,\\ &q = D\sqrt{2g\left[H_1 - h' - \frac{h}{2}(1-\varepsilon)\right]}.\end{aligned}\right.$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Les équations de Maxwell et les séries de tourbillons.* Note de M. **René Reulos**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous nous proposons de résumer nos dernières recherches sur une méthode nouvelle permettant d'intégrer les équations de Maxwell et dont le principe repose sur la notion de *séries de tourbillons* que nous avons introduite à cet effet. Nous appelons ainsi les séries vectorielles dont *chaque terme est proportionnel au tourbillon du terme suivant.* Le coefficient de proportionnalité a été appelé la *raison* de la série de tourbillons, par analogie avec les séries géométriques. Les termes successifs d'une série de tourbillons ont nécessairement une *divergence nulle*, le premier terme ou *terme fondamental dérive en outre d'un potentiel,* sans quoi son tourbillon ne serait pas nul et il aurait un terme avant lui. Soit

$$(1)\quad \vec{P} = \vec{P}_0 + \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \ldots + \vec{P}_n + \vec{P}_{n+1} + \ldots$$

une série de tourbillons, supposée convergente; on a vu que l'on avait

$$(2)\quad \lambda\vec{P}_n = \operatorname{rot}\vec{P}_{n+1}, \qquad (3)\quad \operatorname{div}\vec{P}_n = 0.$$

La série (1) *est ordonnée suivant les puissances croissantes* de λ, coefficient de proportionnalité ou raison de la série. Ajoutons les relations (2) d'une part et les équations (3) d'autre part, on voit qu'un vecteur $\vec{P}$, développable en série de tourbillons, de raison λ, vérifie les équations

$$(4)\quad \lambda\vec{P} = \operatorname{rot}\vec{P}, \qquad (5)\quad \operatorname{div}\vec{P} = 0.$$

Si l'on remplace le coefficient λ par l'opérateur $(i/c)(\partial/\partial t)$ dans le dével-

loppement (1), le vecteur $\vec{P}$ sera complexe et vérifiera l'équation

$$(6) \qquad \frac{i}{c}\frac{\partial \vec{P}}{\partial t} = \operatorname{rot} \vec{P}.$$

Posons $\vec{P} = \vec{E} + i\vec{H}$, l'équation (4) se décompose alors en les deux équations

$$(7) \quad \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \operatorname{rot} \vec{H}; \qquad (8) \quad \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = -\operatorname{rot} \vec{E},$$

qui ne sont autres que les deux équations de Maxwell, dans le vide; l'équation (5) donne les deux équations complémentaires

$$(9) \quad \operatorname{div} \vec{E} = 0, \qquad (10) \quad \operatorname{div} \vec{H} = 0.$$

On aperçoit ainsi une méthode permettant de former les solutions des équations de Maxwell, susceptibles de représenter le champ électromagnétique associé au mouvement des corpuscules électrisés; voici la marche à suivre :

1° On forme une série de tourbillons admettant le champ électrostatique de la particule pour terme fondamental.

2° On remplace la raison λ par l'opérateur $i/c\ \partial/\partial t$, dans le développement de cette série et l'on effectue les opérations de dérivation correspondantes, au cours duquel se manifeste la loi qui régit le mouvement de la particule.

3° On range les termes réels d'une part et les termes imaginaires d'autre part. La somme $\vec{E}$ de la série des termes réels (supposée convergente) représente le champ électrique. Soit $i\vec{H}$ la somme de la série des termes imaginaires (dont la convergence est liée aux mêmes conditions); le vecteur $\vec{H}$ représente le champ magnétique de la particule.

Lorsque le corpuscule est arrêté, les dérivées par rapport au temps sont nulles; le champ électrique se réduit à son premier terme le champ électrostatique et le champ magnétique est nul.

On a une autre solution en prenant

$$\lambda = -\frac{i}{c}\frac{\partial}{\partial t} \qquad \text{et} \qquad \vec{P} = \vec{E} - i\vec{H};$$

il existe une troisième solution égale à la demi-somme des deux premières

et que l'on obtiendrait en ne conservant que les termes réels dans la série de tourbillons. La différence entre ces trois solutions porte sur la partie rayonnante, prépondérante aux grandes distances. Une des solutions correspond à celle que fournit la théorie classique, elle a sur cette dernière l'avantage d'être indépendante de toute hypothèse sur la structure de l'électron et de représenter la répartition des champs autour de la charge au même instant [1]. Le développement du champ électrique $\vec{E}$ et celui du champ magnétique $\vec{H}$ sont donnés par les formules

$$\vec{E}_n = \frac{n-1}{n!}\frac{e}{c^n}\left(-\frac{\partial}{\partial t}\right)^{n-1} r^{n-4}\left[(n-1)r\frac{\overrightarrow{dr}}{dt} - (n-3)\vec{r}\frac{dr}{dt}\right] \qquad \text{(u. e. s.)},$$

$$\vec{H}_{n+1} = \frac{n-1}{n!}\frac{e}{c^{n+1}}\left(-\frac{\partial}{\partial t}\right)^{n} r^{n-3}\left(\vec{r}\times\frac{\overrightarrow{dr}}{dt}\right) \qquad \text{(u. e. m.)},$$

e étant la charge de la particule, et $c = 3.10^{10}$ unités C. G. S. Ces formules, valables dans le cas le plus général, sont d'un emploi très simple et permettent d'étudier sous un aspect nouveau, les phénomènes d'inertie, d'interaction et de rayonnement, dans tous les cas problèmes qui ne font pas intervenir la constante de Planck. Elles permettent en particulier de retrouver facilement les formules qui donnent le champ de l'oscillateur harmonique et qui sont d'un emploi courant en radiotechnique. L'autre solution comporterait une absorption de l'énergie radiante de la part de la particule, quant à la troisième, elle ne rayonne pas, par suite de l'absence des termes impairs dont la présence est liée à l'émission de l'énergie. Cette solution ne comporte donc pas de réaction de rayonnement $\left(\text{qui est donnée par l'expression } \vec{E}_3\right)$, mais elle n'exclut pas les échanges d'énergie entre électrons, à distance finie, et elle explique tout aussi facilement l'ensemble des phénomènes d'électromagnétisme et d'induction. Quelles que soient les réserves qu'il conviendrait de faire sur la signification physique de ces solutions, remarquons toutefois que les équations de Maxwell ne sont pas en contradiction avec la stabilité des orbitres des électrons à l'intérieur de l'atome.

---

[1] Si la particule est en M à l'instant t, la théorie classique donne bien la valeur des champs autour de ce point, mais le champ en chaque point tel que $\overrightarrow{MP} = \vec{r}$ correspond alors à l'instant local $t + r/c$.

TECHNIQUE DU VIDE. — *Sur la jauge de Pirani.* Note de M. **Maurice Schérer**, présentée par M. Aimé Cotton.

Des recherches que nous poursuivons nous ont conduit à élever encore la sensibilité de la jauge de Pirani. En cherchant à opérer comme l'avaient fait F. Knauer et O. Stern (1), nous avons rencontré des difficultés provenant de causes perturbatrices. En particulier les effets Peltier et Thomson nous ont gêné, car il n'est pas aisé de maintenir à la même température les connexions (nickel-tungstène). Nous avons alors essayé un montage analogue à celui de G. Schmidt (2), comprenant un pont de Wheastone immergé dans l'air liquide ainsi que toutes les connexions. Nous avons employé de l'azote liquide de préférence à l'air.

Mais, lorsque l'on veut utiliser ce montage à la mesure de très faibles pressions, il est difficile que les résistances fixes du pont soient équilibrées avec une précision suffisante. Nous avons remédié à cet inconvénient en employant deux résistances fixes seulement, constituées par deux brins du même ruban de nickel de longueur égale, et en prenant comme résistance de la branche adjacente à la jauge de Pirani une seconde jauge à peu près identique dans laquelle la pression peut être réglée indépendamment, de façon à réaliser l'équilibre approximatif.

Cet appareil, relié au galvanomètre et alimenté par un accumulateur, donne un spot très stable, et même à la température ordinaire donne une sensibilité, que l'emploi d'azote liquide élève encore considérablement. Il faut toutefois éviter de plonger le pont directement dans le liquide, l'ébullition turbulente de l'azote produirait en effet une instabilité continuelle du spot. C'est pourquoi nous avons placé le pont dans un vase de laiton très mince, lui-même plongé dans le vase de Dewar contenant l'azote.

Avant d'être employé, l'ensemble de l'appareil est laissé sous vide pendant trois à quatre heures dans une étuve à 160°. Cette opération élimine les gaz adsorbés dans les jauges, qui semblaient jouer un rôle important dans les dérives du spot constatées par Stern, A. Ellet et R. M. Zabel (3).

---

(1) *Zeits. f. Phys.*, 53, 1929, p. 766.
(2) *Thèse*, 1938, Leyden.
(3) *Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 1102.

Dans ces conditions le spot est stable et la sensibilité semble uniquement limitée par la constance de tension de l'accumulateur et par la constance du niveau de l'azote dans le vase Dewar. Nous sommes ainsi parvenu à obtenir des déviations du spot de 10^{mm} pour une variation de pression d'air de 10^{-7} mm de mercure, les comparaisons étant faites avec une jauge à ionisation. Nous avons constaté que cette sensibilité varie peu quand les tensions appliquées au pont varient de 0,1 à 0,6 volt.

Caractéristiques. — Galvanomètre Zernicke Zd, échelle à $1^{m},50$ d. d. p. au pont 0,1 volt. Longueur du ruban 19^{cm}, épaisseur 4 à 5^{μ}, coefficient thermique de résistivité de 20° à 80° environ 4.10^{-4}. Le ruban replié sur lui-même est tendu en son milieu, il est brasé à l'argent ou soudé électriquement aux entrées de tungstène. Les résistances fixes sont placées dans un même tube et enfermées sous un vide de l'ordre de $0^{mm},1$ de mercure.

ÉLECTRICITÉ. — *Nouvelle méthode de stabilisation d'une lampe électromètre.* Note (1) de M. **Anatole Rogozinski**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. On sait que, dans les montages de grande sensibilité à une seule lampe électromètre, on est toujours gêné par la dérive du spot du galvanomètre. Cette dérive est due principalement à la décharge lente et continue de l'accumulateur de chauffage du filament. Pour la supprimer complètement il faut avoir recours à un montage en pont avec deux lampes équilibrées. Plusieurs montages de compensation automatique ont été proposés avec une seule lampe, mais ils sont d'un réglage très délicat et la plupart d'entre eux concernent les lampes bigrilles (2).

Nous allons décrire ici une méthode de compensation, applicable à tous les genres de lampes, et qui permet de rétablir automatiquement l'équilibre détruit par la baisse de la tension V_f aux bornes du filament de la lampe. Son principe réside en ce que, contrairement au montage habituel, le circuit de compensation du courant permanent de plaque i_p est commandé, dans des conditions bien déterminées, par V_f.

2. Considérons la caractéristique de i_p en fonction de V_f. *Si le courant de compensation (au signe près) se superpose à la tangente au point de travail*

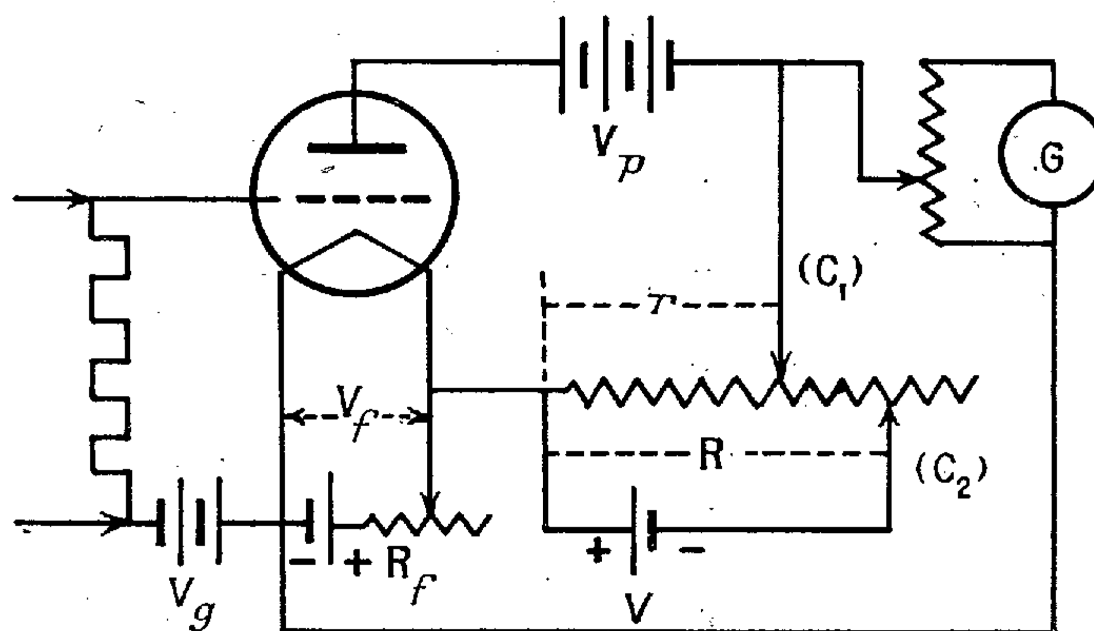
(1) Séance du 23 janvier 1939.

(2) Voir en particulier D. B. Penick, *Rev. Scient. Instr.*, 6, 1935, p. 115, où se trouvent reproduits les montages de compensation automatique proposés par différents auteurs

de la caractéristique, les conditions d'équilibre, vis-à-vis de V_f, se trouveront automatiquement réalisées autour de ce point. L'abscisse à l'origine ainsi que le coefficient angulaire de cette tangente déterminent respectivement la contre-tension d'équilibre V_e et l'inverse de la résistance d'équilibre R_e.

Ces éléments peuvent être déterminés graphiquement, mais il convient de signaler qu'il est plus simple de les trouver empiriquement, en essayant quelques couples de valeurs pour V_e et R_e, jusqu'au moment où, en faisant varier V_f, le spot du galvanomètre demeure immobile. L'équilibre ainsi réalisé se maintient bien au delà des limites pratiques des variations de V_f.

On peut envisager plusieurs variantes d'un tel montage équilibré. La figure ci-dessous en reproduit un que nous considérons comme étant le plus



rationnel ([3]). Les valeurs à trouver alors sont r et R, la tension aux bornes de cette dernière résistance étant V. Les relations qui relient les grandeurs R_e, r, R, V_e et V sont, en première approximation,

$$r = \frac{R_e}{1 - \frac{V_e}{V}} \quad \text{et} \quad R = \frac{R_e}{\frac{V_e}{V}\left(1 - \frac{V_e}{V}\right)}.$$

La recherche empirique de l'équilibre s'effectue de la façon suivante : après avoir fixé le curseur (C_1) dans une position quelconque, on ramène le spot à zéro, en agissant sur le curseur (C_2). On déséquilibre ensuite légèrement le système en agissant sur la résistance de chauffage R_f. On

([3]) Dans certains cas on aura avantage à connecter le circuit de compensation non plus après la résistance de chauffage R_f, mais directement au pôle positif de l'accumulateur de chauffage.

note la grandeur et le sens de la déviation du spot. On ramène alors V_f à sa valeur initiale et l'on répète les opérations citées avec des positions différentes des curseurs. On parvient ainsi, après quelques tâtonnements, à l'équilibre cherché.

3. A titre d'exemple, nous reproduisons ici quelques résultats que nous avons obtenus dans des conditions suivantes : lampe électromètre Géco; polarisation de grille V_g $-2{,}75$ volts; tension plaque V_p $+4{,}1$ volts; V_e 0,53 volt; R_e 5420 ω; V 1,3 volt; r 9100 ω; R 22300 ω. Dans le tableau δ et δ_1 désignent les déviations respectives du spot avec un montage équilibré et un montage habituel non équilibré.

V_f (volts)........	1,00.	0,95.	0,90.	0,85.	0,80.
δ (mm)........	0	1	3	16	40
δ_1 (mm)........	0	190	370		

4. On voit que le gain de stabilité réalisé par rapport à un montage ordinaire est très appréciable. Cette qualité jointe au fait que la sensibilité obtenue avec le présent montage est à peu près double de celle du montage à deux lampes [4], démontre que, même pour des mesures de grande sensibilité et de longue durée, on peut se contenter d'une seule lampe.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'émission secondaire du béryllium.* Note de M. R. **Warnecke** et Mlle M. **Lortie**, présentée par M. Camille Gutton.

Dans un exposé précédent [1] nous avions indiqué que :

1° La grandeur du coefficient d'émission secondaire (δ) de certaines surfaces métalliques, obtenues par évaporation et condensation, pouvait être considérablement modifiée par un traitement thermique effectué avant ou pendant la mesure.

2° Que la valeur faible (de l'ordre de 0,5) du coefficient d'émission maximum (δ_M) qui est trouvée, par exemple pour une surface de béryllium préparée de cette façon, avant tout traitement thermique, semblait être particulière au mode de préparation et qu'elle n'était pas susceptible de caractériser la nature même de l'élément, comme l'ont indiqué Bruining et de Boer [2].

---

(4) Les détails seront développés dans un autre Recueil.

(1) R. Warnecke et M. Lortie, *Bull. de la Soc. Franç. de Phys.*, **412**, 1938, 8 S.

(2) *Physica*, **4**, 1937, p. 473; H. Bruining, *Thèse*, Leyde, 1938.

Au cours de nouvelles expériences, nous avons étudié plus de quarante couches de béryllium minces mais d'épaisseur supérieure à la pénétration primaire, déposées sur de l'argent, du cuivre, du nickel, du tantale, du molybdène, en utilisant comme nous l'avions fait précédemment le mode de travail suivant :

1° La source de béryllium est un bloc polycristallin de grande pureté chauffé très progressivement, puis évaporé partiellement dans l'appareil où sont effectuées les mesures, sans que le produit de l'évaporation serve à la confection du dépôt.

2° Celui-ci est fait, à partir de l'évaporation de la partie centrale du cristal, sur une plaquette métallique fraîchement débarrassée de sa contamination gazeuse.

3° La partie superficielle du dépôt est elle-même évaporée et ce ne sont que les valeurs alors obtenues qui sont retenues pour caractériser une surface propre.

4° Tous les traitements thermiques du béryllium sont effectués sous une pression n'excédant pas 10^{-7} mm Hg, et aucune rentrée d'air n'est faite dans l'appareil.

Les résultats de ces expériences qui confirment ou complètent ceux que nous avions annoncés, peuvent être résumés ainsi :

1° L'évaporation du cristal étant faite dans des conditions identiques, la variation de δ pendant la durée du dépôt est influencée par la nature du support.

2° La température (entre 200° C. et 600° C.) à laquelle est portée la cible pendant le dépôt n'a qu'une faible action sur la grandeur des résultats trouvés.

3° Après la formation d'un dépôt épais et avant tout traitement thermique supplémentaire, la grandeur et l'emplacement de δ_M diffèrent d'une manière très appréciable suivant la nature du support, mais une différence presque du même ordre de grandeur est également trouvée d'une cible à une autre avec la même nature de support. Quel que soit le motif des écarts observés, ces grandeurs sont inaptes à caractériser la nature même du béryllium.

4° Les mesures étant faites à chaud ou à froid, un traitement thermique supplémentaire apporte toujours une modification de l'emplacement ou de la grandeur du coefficient δ_M.

5° Cette modification est toujours une augmentation de δ_M, mais la façon dont celle-ci se produit dépend des supports employés.

6° Les effets du chauffage sont en partie momentanés et en partie durables, mais la proportion de chaque effet dépend de la nature du support : avec un support en tantale (plaquette polycristalline finement polie) la variation momentanée est très importante (on peut passer par exemple de 1,48 à la température ambiante à 3,25, la cible étant à 800°) tandis qu'avec les autres supports étudiés elle est très petite (moins de 4 pour 100 entre 800° et 50°).

7° Pour la stabilité de δ un film mince déposé sur le tantale (variation inférieure à 1 pour 100 en 10 heures), dans les mêmes conditions de vide et de propreté que lorsqu'il s'agit de films épais, montre qu'un effet autre qu'un éloignement de la contamination par les gaz résiduels existe.

8° Pour des températures jusqu'à 850° nous n'avons pas constaté que le chauffage effectué après la confection du dépôt provoquait de sauts brusques de δ, mais au contraire une variation lente et cela contrairement à Schneider ([3]) qui trouve qu'un chauffage de quelques minutes au *rouge vif* suffit à faire croître brusquement δ, et à Kollath ([4]) qui obtient le même résultat dès que la température atteint 650°-750°; une variation brusque a été seulement observée pour quelques films déposés sur le molybdène en chauffant à 1000°C.

9° En prolongeant le chauffage supplémentaire pendant un temps suffisant (des durées de 40 heures étant quelquefois nécessaires) on obtenait presque toujours une stabilisation nette du coefficient d'émission secondaire d'un film épais mesuré à froid ou à chaud, mais les valeurs de δ_M obtenues alors, quoique d'un même ordre de grandeur, différaient d'une manière appréciable (1,5 à 2,8) avec la nature du support d'une part, et avec l'histoire antérieure de la cible (support et dépôt) d'autre part. Même pour ces chauffages prolongés entre 700° et 800°, la variation atteinte pour le rapport est loin de celle indiquée par Kollath : dans ses expériences, 10 minutes de chauffage à 650°-750° suffisent à faire passer la valeur du rapport de 0,5 à 4. Les valeurs de δ obtenues par nous étaient stables dans le temps (variation de moins de 2 pour 100 en 50 h.) pour tous les supports étudiés, et sauf pour le tantale, elles étaient pratiquement indépendantes de la température entre 50° et 800°.

La conclusion la plus caractéristique de ces expériences est qu'il est possible d'amener une couche de béryllium pur, obtenue par condensation,

---

([3]) *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 185.
([4]) *Annalen der Physik*, 33, 1938, p. 185.

dans un état, pouvant être stable et tel que la surface soit capable d'une émission secondaire plus grande qu'après la formation; cela vraisemblablement par une action d'origine uniquement physique, comme dans le cas d'un autre genre de couches complexes (décrit par l'un de nous en 1936) (5) utilisant également le béryllium pur, comme matière active.

THÉORIE DE L'ÉLECTRON. — *Sur le rayon de l'électron.* Note de M. **Jacques Yvon**, transmise par M. Pierre Weiss.

Différentes tentatives sont faites actuellement pour arriver à une compréhension satisfaisante des propriétés des particules fondamentales de la Physique. En particulier Dirac a réexaminé récemment (1) la théorie classique de l'électron rayonnant. Le problème essentiel est de rechercher comment le champ électromagnétique créé par le mouvement d'un électron agit sur cet électron même. La question n'a d'ailleurs à la lettre aucun sens lorsqu'on regarde l'électron comme une charge ponctuelle et lorsqu'on admet que le champ électromagnétique produit par cet électron se calcule suivant les formules classiques de potentiels retardés, autrement dit suivant le potentiel de Wiechert-Liénard : en effet, avec ces hypothèses, le champ propre de l'électron est infini là où il se trouve. Dirac échappe à cette difficulté en utilisant des combinaisons, peut-être un peu artificielles, de potentiels avancés et de potentiels retardés.

Je viens de rappeler la raison brutale pour laquelle l'électron classique ne peut pas être ponctuel. Je me propose dans cette Note de mettre en évidence de manière plus nuancée les difficultés présentées par cet électron. Dans cette intention nous allons examiner les propriétés d'une particule qui généralise l'électron ponctuel de Wiechert-Liénard. Nous utiliserons le point de vue et les notations tensorielles de la relativité restreinte (2). Nous désignons par X_μ les coordonnées d'Univers du *point agissant*, ici l'électron, par x_μ celles du *point potentié*, qui est d'abord quelconque.

(5) Brevet français Warnecke S. F. R. n° 406553.

(1) P. A. M. Dirac, *Proc. of the R. Society*, A, 167, 1938, p. 148; M. H. L. Pryce, *Proc. of the R. Society*, A, 168, 1938, p. 302; Th. De Donder et J. Géhéniau, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 719.

(2) Les notations sont autant que possible celles de Dirac.

Les X_μ sont quatre fonctions du temps propre S relatif à l'électron étudié. Nous posons

$$a_\mu = x_\mu - X_\mu.$$

Rappelons comment les formules de Wiechert-Liénard permettent de calculer le champ électromagnétique produit par l'électron lorsque sa trajectoire est donnée. Le champ dérive du potentiel vecteur d'Univers

$$A_\mu = e\,T v_\mu, \tag{1}$$

où T représente $(a^\nu v_\nu)^{-1}$. Cette définition doit être complétée par une relation qui localise le point agissant sur sa trajectoire lorsque le point potentié est donné; cette relation est

$$a_\mu a^\mu = 0, \tag{2}$$

ou, en explicitant,

$$a_0^2 - a_1^2 - a_2^2 - a_3^2 = 0;$$

elle exprime que la distance d'Univers entre le point agissant et le point potentié est nulle; dans cette relation l'inconnue est le paramètre S. De plus, comme il s'agit de potentiels retardés, a_0 doit être négatif; l'équation (2) ne peut par suite avoir plus d'une solution. Le champ se déduit alors de la formule

$$F_{\mu\nu} = \frac{\partial A_\nu}{\partial x^\mu} - \frac{\partial A_\mu}{\partial x^\nu}.$$

En vue de généraliser le modèle d'électron précédent, nous changeons une seule formule de définition; au lieu de supposer que la distance d'Univers point agissant-point potentié est nulle, nous supposerons désormais que c'est une longueur invariable a, du genre temps. Autrement dit, nous remplacerons la relation (2) par la relation

$$a_\mu a^\mu = a^2;$$

nous supposons que les vitesses restent inférieures à celle de la lumière, alors toutes les autres hypothèses ou propriétés que nous venons de rappeler demeurent inchangées. Mais, d'une part, le champ électromagnétique n'est jamais infini parce que T ne peut pas s'annuler; d'autre part des relations classiques

$$\partial A^\mu : \partial x_\mu = 0, \qquad \Box A_\mu = 0,$$

liées à la définition de l'énergie et de la quantité de mouvement dans un volume quelconque de l'espace qui ne contient pas l'électron, seule la

première subsiste; la seconde n'est plus qu'approchée et devient

$$\Box A_\mu = e a^2 [T^3 \ddot{v}_\mu + 3 T^4 \dot{v}_\mu (1 - a^\nu \dot{v}_\nu) - T^4 v_\mu (a^\nu v_\nu) + 3 T^5 v_\mu (1 - a^\nu \dot{v}_\nu)];$$

soulignons, de plus, que les différences entre les deux modèles d'électrons s'estompent lorsque le point potentié est loin du point agissant.

Recherchons maintenant comment l'électron agit sur lui-même. Soit $E_{\mu\nu}$ le champ extérieur. Nous admettrons que le mouvement de l'électron est régi par l'équation

$$(3) \qquad (F_{\mu\nu} + E_{\mu\nu}) v^\nu = 0,$$

précisons que les sinuosités de la trajectoire de l'électron sont de grandes dimensions vis-à-vis de la longueur a. Lorsque l'électron agit sur lui-même, on passe de la position agissante à la position potentiée par une augmentation du temps propre égale à a, au troisième ordre près.

La relation (3) s'explicite ensuite, au premier ordre près,

$$\frac{1}{2} \frac{e^2}{a} \dot{v}_\mu = e E_{\mu\nu} v^\nu + \frac{2}{3} e^2 [\ddot{v}_\mu + v_\mu (\dot{v}^\nu \dot{v}_\nu)].$$

Le premier terme du second membre est la force électromagnétique, d'aspect classique; le second terme représente la force amortissante produite par le rayonnement, telle qu'elle a été explicitée par Dirac. Le premier membre contient le produit de l'accélération d'Univers par une constante $e^2 : 2a$, qui joue le rôle de la masse au repos de l'électron; a mérite le nom de rayon de l'électron.

Nous avons noté sommairement le défaut présenté par notre électron au point de vue de la conservation de l'énergie; lorsque a tend vers zéro, les défauts se localisent davantage mais ne disparaissent pas.

MAGNÉTISME. — *Relation entre la susceptibilité magnétique et les distances interatomatiques du palladium hydrogéné.* Note [1] de M. **André Michel** et Mlle **Marguerite Gallissot**, transmise par M. Pierre Weiss.

On sait que la méthode de dégazage des métaux de MM. G. Chaudron et L. Moreau [2] permet l'extraction des gaz à la température ordinaire.

---

(1) Séance du 30 janvier 1939.

(2) L. Moreau, G. Chaudron et A. Portevin, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 212; **204**, 1937, p. 1252; **207**, 1938, p. 235; L. Moreau, *Thèse*, Lille, 1938.

Dans ces conditions, il est possible de conserver hors d'équilibre, avec son paramètre initial, le réseau privé de ses gaz.

Quelques auteurs (³) ont déjà signalé les modifications de susceptibilité magnétique que le palladium subit par hydrogénation. Nous avons pensé à utiliser cette méthode de dégazage pour déterminer les parts respectives de l'hydrogène et des distances interatomiques dans la variation de la susceptibilité.

On considère habituellement que les solutions solides formées par dissolution de l'hydrogène dans le palladium se répartissent en deux classes nommées α et β. La phase α s'étend sur la zone de composition allant du palladium pur à Pd^4H; la phase β est caractérisée par des teneurs plus fortes en hydrogène. Ces deux phases appartiennent au système cubique à faces centrées, mais se distinguent nettement par la grandeur de leur paramètre.

La préparation des solutions solides β par électrolyse nous montra que la teneur en hydrogène semblait décroître quand la température du bain augmentait; dans le but d'atteindre des teneurs élevées en hydrogène, nous avons effectué l'hydrogénation à $-40°$: à cette température se forme le composé PdH que tous les auteurs admettaient comme limite supérieure de la phase β, mais n'avaient jamais pu préparer.

Les différents termes des phases α et β ont été caractérisés par leurs propriétés, paramètre cristallin a (à $\pm 0{,}0002$ Å), susceptibilité magnétique χ (à $\pm 0{,}01$), résistance R rapportée à la résistance du palladium pur R_0, dureté Brinell Δ.

Composition.	a en Å.	$\chi.10^6$.	R/R_0.	Δ.
Pd pur	3,882	6,1	1	47
Pd^4H (phase α)	3,885	5,1	1,45	170
Pd^4H dégazé	3,885	5,1	1,45	170
PdH (phase β)	4,048	0,01	1,68	70
PdH dégazé	4,048	0,01	1,68	70
Pd^4H (ou PdH) dégazé puis recuit	3,882	6,10	1	47

Dans le tableau ci-dessus figurent les caractères de Pd^4H et PdH avant et après dégazage : la susceptibilité magnétique, de même que la dureté et la résistance électrique, n'est pas modifiée par extraction à froid de l'hydrogène. On constate que le réseau cristallin du palladium, dilaté par

(³) SIEVERTS et DANZ, *Z. phys. Chem.*, A, 174, 1935, p. 359; B, 34, 1936, p. 158; B, 38, 1937, p. 61.

l'hydrogène, a conservé après dégazage ses propriétés initiales et subsiste ainsi dans un état hors d'équilibre : un recuit est nécessaire pour faire disparaître cet état instable et pour retrouver les propriétés du palladium pur.

Il résulte de nos essais que la susceptibilité magnétique reste inchangée par dégazage. On aurait pu croire, *a priori*, que les atomes d'hydrogène, en nombre égal à ceux du palladium dans PdH, intervenaient dans la susceptibililé de l'ensemble. Il ne paraît pas en être ainsi, et si l'hydrogène a une influence, elle est si faible que la précision de nos mesures n'a pu la déceler. L'importante variation de susceptibilité que l'on observe en fonction de la teneur en hydrogène semble bien n'être due qu'à la modification des distances interatomiques.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Pouvoir rotatoire magnétique des ions électrolytiques.* Note de MM. **René de Mallemann** et **Fernand Guillaume**, présentée par M. Aimé Cotton.

La rotation magnétique des solutions, salines, acides, ou basiques, a été étudiée expérimentalement par Verdet, H. Becquerel, Perkin, Jahn et quelques autres observateurs. Les résultats numériques, rassemblés dans les Mémoires, forment un ensemble important, mais leur comparaison fait apparaître des discordances notables, parfois même des contradictions, qui ont suscité des polémiques assez confuses. Ces divergences s'expliquent par la grandeur des erreurs relatives, surtout dans le cas des solutions un peu étendues : des mesures exactes au 100e peuvent conduire à des valeurs calculées dont l'incertitude dépasse largement 10 pour 100. En outre, dans les travaux précités on n'a pas mesuré la dispersion. Nous avons donc pensé qu'il était utile de reprendre la question *de plano* en utilisant un appareil polarimétrique double, assurant une précision de l'ordre du 10000e. Les mesures, poursuivies depuis plusieurs années, ont permis ainsi de définir assez nettement les *pouvoirs* et les *dispersions* rotatoires de la plupart des ions électrolytiques.

Un premier résultat général est le suivant : la loi linéaire de Verdet, qui exprimerait l'invariabilité des P. R. spécifiques du solvant et du corps dissous, est presque toujours en défaut; les P. R. spécifiques ou moléculaires des électrolytes varient systématiquement avec la concentration; dans certains cas ($CaCl^2$, $CaBr^2$, par exemple), les variations sont consi-

dérables. *En général,* le P. R. spécifique *décroît* à mesure que la concentration augmente; ces variations impliquent une modification de l'état des ions (*déformation* de Fajans), car il n'est pas possible de les attribuer à la seule variation du champ intérieur; elles sont généralement de sens contraire et supérieures à celles qui doivent résulter des variations de l'indice. Ce fait conduit à calculer et à comparer d'abord les pouvoirs rotatoires des *ions*, dans l'état où ils se trouvent à l'intérieur du solvant, mais pour réunir les éléments d'une étude plus approfondie on a mesuré les indices et les dispersions de réfraction de toutes les solutions employées. Le dépouillement et l'analyse de cet ensemble numérique est un gros travail, exigeant beaucoup de temps et qui n'est pas encore achevé ([1]).

Bien que le P. R. S. des ions varie avec la concentration, on obtient des nombres cohérents quand on compare des solutions assez *étendues ;* en retranchant les P. R. S. de deux séries de solutions ayant respectivement les mêmes anions (par exemple) et un cation commun, on trouve des différences sensiblement constantes (en valeur *relative,* la constance est assez approchée pour frapper à première vue). D'autre part, quand les deux anions appartiennent à la même famille chimique (Cl et Br, par exemple), on peut comparer des solutions *concentrées ;* on obtient des différences constantes pour tous les couples de solutions de mêmes concentrations *moléculaires.* Il suffit donc de connaître un seul pouvoir rotatoire *ionique* en valeur absolue pour en déduire tous les autres. Nous avons déterminé ce nombre de *base* en variant nos points de départ : toutes les voies suivies se rejoignent.

Le pouvoir rotatoire de l'ion $\overset{+}{H}$ est certainement *petit.* Les valeurs très grandes des P. R. obtenues pour les hydracides halogénés (sauf HF), doivent donc différer très peu, en valeur *absolue*, des P. R. correspondant respectivement aux ions Cl, Br, I.

Les pouvoirs rotatoires des acides *organiques* liquides purs sont calculables *a priori* (d'après les nombres déduits de l'étude des gaz). D'autre part, les P. R. S. (ou moléculaires) de ces acides, en *solution aqueuse*, varient *très peu* avec la concentration; ce fait semble indiquer que le P. R. S. du radical *ionisé* ne diffère pas sensiblement du P. R. S. de l'*acide pur* (c'est compréhensible, puisque le radical ionisé renferme autant d'élec-

---

([1]) Dans certains cas, où le pouvoir rotatoire est grand et *augmente* notablement avec la concentration, le produit de la rotation par le facteur de réfringence est sensiblement constant.

trons que l'acide). Nous avons donc mesuré les P. R. S. des *sels organiques* dissous (formiates, acétates, tartrates, lactates, etc.); par différences avec les acides correspondants, on retrouve les valeurs obtenues pour toute la série des cations métalliques.

Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous, qui complète (en la rectifiant pour certains ions), une liste publiée antérieurement par l'un des auteurs ([2]). L'étude des ions OH^-, CN^-, Ag^+ est inachevée.

Les nombres du tableau se rapportent à des solutions *assez étendues :* ils ne doivent pas être considérés comme rigoureusement constants, pour les raisons suivantes : 1° le calcul par addition ou soustraction des rotations brutes n'est théoriquement pas légitime ; 2° il y a lieu de faire intervenir une déformation mutuelle des ions associés; il est impossible d'étudier des solutions *infiniment* étendues (à supposer que cette extrapolation ait un sens) : la loi de variation des P. R. S. ne paraît pas linéaire, au moins d'une manière générale, et l'on ne peut affirmer qu'elle soit hyperbolique (ce qui serait une circonstance favorable, si l'on pouvait atteindre, pratiquement, l'asymptote). On a donc inscrit des valeurs moyennes en ajoutant, pour les *anions*, un nombre qui indique les limites possibles de variation en solution pas trop concentrée. Dans le cas des cations de très faibles P. R. (H, F, Al), les variations *relatives* sont trop grandes pour permettre de fixer une valeur; ces variations sont encore très sensibles dans le cas de Li et Mg.

Rotations ioniques en radians (solutions aqueuses). $\lambda 578^{m\mu}$.

Cation....	H^{+}	Li^{+}	Na^{+}	K^{+}	Am^{+}	Co^{+}	Ca^{++}	Sr^{++}	Ba^{++}	Mg^{++}	Zn^{++}	Cd^{++}
$[A]_M . 10^6$..	$+\varepsilon$	20	55	80	120	245	65	95	160	30	95	190
Cation....	Al^{+++}	La^{+++}		Pb^{++}	Hg^{++}		Be^{++}					
$[A]_M . 10^6$..	$-\varepsilon$	90		780	340		10					
Anion....	F^{-}	Cl^{-}	Br^{-}	I^{-}	NO_3^{-}	SO_4^{--}		S^{--}				
$[A]_M . 10^6$..	< 5	315 ± 20	605 ± 20	1315 ± 30	48 ± 4	123 ± 5		800				

([2]) *Bull. Soc. fr. Phys.*, 299, 1930, p. 144 S, et *Congrès International d'Électricité*, Paris, 1932, Rapport n° 31, p. 472.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la corrosion des assemblages.* Note de M. **Jean Cournot** et Mlle **Louise Halm**, présentée par M. Léon Guillet.

Des recherches antérieures, entreprises en liaison avec les Services Techniques de l'Air, ont apporté quelque contribution à l'étude de la corrosion d'assemblages formés de divers alliages légers et aciers, les uns rivés ([1]), les autres soudés ([2]).

Nous avons plus récemment poursuivi des essais sur l'introduction de l'*alliage ultraléger à* 1,8 *pour* 100 *de manganèse*, à l'état laminé, dans ces assemblages rivés.

Les alliages assemblés avec cet alliage ultraléger ont été les mêmes que ceux des études précédentes ([1]) : alliage léger à 9 pour 100 de magnésium, alliage léger spécial à haute résistance au nickel et au chrome trempé et revenu, même alliage léger spécial HR plaqué d'aluminium pur, acier inoxydable à 18 pour 100 de chrome et 8 pour 100 de nickel hypertrempé, acier chrome-molybdène à 0,25 pour 100 de carbone, 1 pour 100 de chrome et 0,35 pour 100 de molybdène normalisé.

Les rivets utilisés étaient en : alliage léger à 5 pour 100 de magnésium, alliage léger spécial HR, même alliage léger spécial HR cadmié, acier inoxydable 18/8.

Les tôles, préalablement décapées et sablées, étaient assemblées par rivetage à la presse, dans les conditions déjà indiquées ([1]).

Les essais ont consisté en une immersion totale de 72 heures dans une solution à 0,03 pour 100 de chlorure de sodium pur; après corrosion les rivets étaient enlevés; les résultats ci-dessous donnent les pertes de poids en grammes par mètre carré, de 72 heures, des plaquettes désassemblées de l'alliage ultraléger, après décapage à l'aide d'une solution d'acide chromique additionnée de chromates d'argent et de baryum ([3]).

Influence de la nature des rivets. — Nous avons d'abord étudié la seule influence des rivets sur une plaquette d'alliage ultraléger non assemblée à d'autres alliages.

		Alliage léger			
Nature du rivet	Sans.	au Mg.	HR.	HR cadmié.	Acier 18/8.
Perte de poids	111	125	148	156	160

([1]) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1359; **204**, 1937, p. 1564.
([2]) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 280.
([3]) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1333.

La présence des rivets active une corrosion par piqûres qui présente son maximum d'intensité au voisinage des rivets. A noter que la tôle d'alliage ultraléger présente parfois, et notamment avec les rivets d'acier 18/8, à la verticale du rivet, un sillage inattaqué s'expliquant par la passivation due au dégagement de fines bulles d'oxygène; nous avons reproduit le phénomène artificiellement.

Résultats sur assemblages. — Les pertes de poids ont été :

Assemblage avec..........	Alliage			Acier	
	léger Mg.	léger HR.	HR plaqué Al.	18/8.	Cr–Mo.
Rivets en alliage léger au Mg..	271	237	265	266	270
» léger HR....	278	240	300	273	319
» HR cadmié..	273	223	275	261	312
Acier 18/8..................	–	–	–	327	326

On voit que la corrosion de la plaquette en alliage ultraléger est très accélérée; les attaques les plus graves se localisent autour des rivets et au voisinage immédiat du bord de la plaquette en alliage léger ou en acier; la corrosion du reste de la plaquette d'alliage ultraléger est également plus importante.

Les pertes de poids de l'alliage ultraléger ne présentent pas, en fonction de la nature de l'alliage assemblé, d'écart très caractéristique, en raison de la grande sensibilité de cet alliage ultraléger. On peut noter cependant que l'assemblage avec alliage léger HR et rivets cadmiés est celui qui donne les meilleurs résultats; si l'on assemble avec l'alliage léger au magnésium, les rivets en alliage léger au magnésium sont préférables, l'intensité des attaques localisées étant quelque peu réduite.

Mais le facteur le plus important d'une meilleure tenue de tels assemblages à la corrosion réside bien certainement dans la qualité même de l'alliage ultraléger.

CHIMIE MINÉRALE. — *Formation du métaniobate de sodium à partir du tétroxyde de niobium et de sels oxygénés de sodium.* Note de M. **Pierre Süe**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ayant abordé l'étude des sous-sels de niobium en supposant que leur stabilité permettrait un examen complet de leurs propriétés, j'ai préparé comme produit de départ le tétroxyde Nb^2O^4 en réduisant le pentoxyde de niobium Nb^2O^5 par l'hydrogène. Dans l'espoir d'obtenir un sous-niobate

de sodium j'ai essayé avec ce tétroxyde une réaction analogue à celle qui m'avait précédemment conduit au métaniobate (action de Nb^2O^5 sur le carbonate de sodium, avec libération de gaz carbonique) [1]. Mais, si dans de telles conditions, le tétroxyde attaque bien le carbonate de sodium, le sel formé est uniquement le métaniobate sans traces de sous-niobate, le gaz prenant naissance étant alors de l'oxyde de carbone. Cette réaction curieuse manifeste ainsi l'intense pouvoir réducteur du sous-oxyde Nb^2O^4, aussi me suis-je attaché à étudier l'action d'autres sels oxygénés de sodium, afin de préciser cette propriété jusqu'ici ignorée. Dans cet article je résumerai les résultats que je publierai en détail dans un autre Mémoire.

Le tétroxyde de niobium est préparé en réduisant par un courant d'hydrogène le pentoxyde chauffé entre 800° et 1250°. Le produit est noir avec un très faible reflet bleu. Chauffé à l'air à 400° il s'oxyde avec incandescence et brûle comme l'amadou pour donner Nb^2O^5. Dans l'oxygène pur il s'oxyde très lentement dès 200°.

Avec le carbonate de sodium, la soude, le sulfate et le sulfite de sodium, le nitrate et le nitrite de sodium, le tétroxyde donne suivant les proportions de corps en présence, soit $Nb^2O^5.Na^2O$ pur, soit un mélange de $Nb^2O^5.Na^2O$ et Nb^2O^5. Voici les différentes réactions observées.

Carbonate de sodium. — Un mélange de tétroxyde de niobium et de carbonate de sodium en proportions équimoléculaires commence à réagir vers 450°. A 650° la réaction devient rapide et se présente par l'équation



$$Nb^2O^4 + CO^3Na^2 = Nb^2.O^5Na^2O + CO.$$

Le métaniobate est très légèrement coloré en gris par une très petite quantité de Nb^2O^4 n'ayant pas réagi, par suite de la volatilisation de traces de CO^3Na^2.

Hydroxyde de sodium. — Un excès de soude chauffé dans le vide avec Nb^2O^4 donne le métaniobate à partir de 290°, tandis que de l'hydrogène est libéré :



$$Nb^2O^4 + 2NaOH = Nb^2O^5.Na^2O + H^2.$$

Sulfate de sodium. — L'action du sulfate de sodium est encore plus intéressante étant donnée la stabilité de ce sel. La réaction commence à 800° et se termine à 1100°C. La présence de soufre à l'extrémité du tube à réaction, et d'anhydride sulfureux et d'oxygène dans les gaz recueillis s'explique par les réactions suivantes :

---

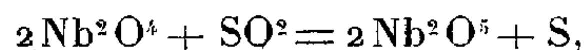
(1) *Ann. de Chimie*, 11e série, 7, 1937, p. 493.

Le tétroxyde réagit normalement et libère l'anhydride sulfureux :



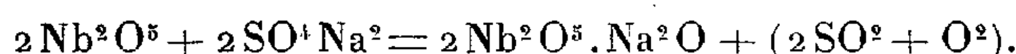
$$Nb^2O^4 + SO^4Na^2 = Nb^2O^5.Na^2O + SO^2,$$

puis, ainsi que je l'ai vérifié par ailleurs, le tétroxyde est oxydé par l'anhydride sulfureux :



$$2Nb^2O^4 + SO^2 = 2Nb^2O^5 + S,$$

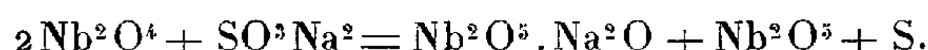
et enfin le pentoxyde de niobium donne directement avec le sulfate :



$$2Nb^2O^5 + 2SO^4Na^2 = 2Nb^2O^5.Na^2O + (2SO^2 + O^2).$$

La réaction globale étant la somme de ces trois équations donne exclusivement le métaniobate.

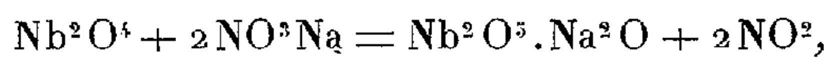
Sulfite de sodium. — Le sulfite réagit à partir de 450° en libérant du soufre et une trace de SO^2. La réaction est complète à 600°, et les vérifications pondérales montrent que l'on a principalement



$$2Nb^2O^4 + SO^3Na^2 = Nb^2O^5.Na^2O + Nb^2O^5 + S.$$

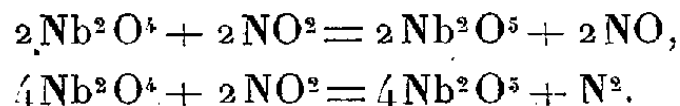
Nitrate de sodium. — Le nitrate réagit rapidement sur le tétroxyde et l'opération est terminée à 350°. Les gaz recueillis sont constitués en majeure partie par du bioxyde d'azote avec très peu d'azote, et leur formation s'explique par la série des réactions suivantes :

Le nitrate réagit normalement et donne du peroxyde d'azote :



$$Nb^2O^4 + 2NO^3Na = Nb^2O^5.Na^2O + 2NO^2,$$

puis le tétroxyde de niobium réduit le peroxyde d'azote en bioxyde et azote, comme je l'ai constaté :



$$2Nb^2O^4 + 2NO^2 = 2Nb^2O^5 + 2NO,$$
$$4Nb^2O^4 + 2NO^2 = 4Nb^2O^5 + N^2.$$

La réaction globale donne un mélange de $Nb^2O^5.Na^2O$ et Nb^2O^5 et le bioxyde prédomine dans les gaz.

Nitrite de sodium. — Le nitrite de sodium est le dernier sel examiné au cours de ces recherches. Son action sur le tétroxyde de niobium est simple; elle commence à 250° pour prendre fin à 350° en donnant le métaniobate et du bioxyde d'azote selon l'équation



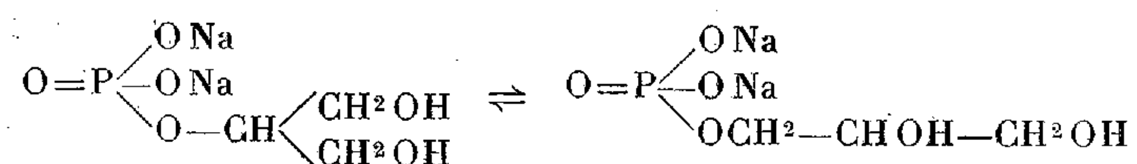
$$Nb^2O^4 + 2NO^2Na = Nb^2O^5.Na^2O + 2NO.$$

Il résulte de tous ces essais que le tétroxyde de niobium est un réducteur très énergique, et son action sur ces sels oxygénés de sodium conduit au métaniobate de sodium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la réversibilité de la transposition glycérophosphorique.* Note de M[lle] **Marie-Cécile Bailly**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons récemment montré (¹) que sous l'influence des acides forts, s'exerçant en solution aqueuse étendue et à la température de l'ébullition, le β-glycérophosphate de sodium est rapidement transformé en son isomère α, avec un rendement voisin de 90 pour 100.

L'étude cinétique de cette transposition, effectuée depuis lors, démontre qu'elle constitue, en réalité, un système réversible



obéissant à la loi des réactions monomoléculaires réversibles.

Dans une série de petits ballons, surmontés d'un réfrigérant à reflux, on a porté à l'ébullition un mélange composé de $3^g,06$ de β-glycérophosphate de sodium, 40^{cm^3} d'acide sulfurique N et 60^{cm^3} d'eau distillée. Après des temps différents, le contenu de chaque ballon a été rapidement refroidi sous un courant d'eau et l'α-glycérophosphate de sodium formé a été dosé par la méthode de P. Fleury et R. Paris, dont le principe a été rappelé dans notre première Note. Les résultats de ces dosages, exprimés en molécules-grammes et rapportés à une molécule-gramme de β-glycérophosphate mis en œuvre, sont consignés dans le tableau suivant :

t..........	15m.	30m.	45m.	1h.	2h.	3h.
x..........	0,460	0,675	0,770	0,830	0,870	0,870

Si l'on appelle k_β la vitesse de transformation du β-glycérophosphate de sodium en son isomère α, k_α celle de la transformation inverse, et x la quantité d'α-glycérophosphate présente au temps t, on peut écrire

$$\frac{dx}{dt} = k_\beta(1-x) - k_\alpha x = k_\beta - Kx,$$

en posant $K = k_\alpha + k_\beta$.

Sachant qu'au temps $t=0$, $x=0$ et qu'à l'équilibre la quantité limite $l = 0,87$ est telle que $dx/dt = 0$, on a finalement

$$k_\beta = Kl = 0,87\,K, \qquad k_\alpha = K(1-l) = 0,13\,K \qquad \text{et} \qquad \frac{1}{t}\,\mathrm{Log}\,\frac{l}{l-x} = K,$$

(¹) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1902.

expression de la *loi des réactions monomoléculaires réversibles*, à laquelle satisfont bien les diverses valeurs de x ci-dessus, trouvées aux différents temps t, puisque, portées dans cette formule, elles assignent à K *la valeur constante*

$$K = 0,049 \quad \text{(vitesse globale de la réaction),}$$

la minute étant l'unité de temps.

On en déduit

$$k_\beta = 0,0426, \qquad k_\alpha = 0,0064$$

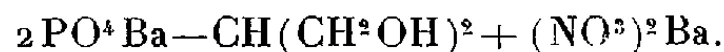
et

$$t_{\frac{1}{2}} \text{ (temps de demi-tranformation)} = 14^{m}7^{s}.$$

Le passage de l'acide β- à l'acide α-glycérophosphorique constitue donc bien une réaction d'équilibre chimique.

L'isolement de la petite quantité de β-glycérophosphate de sodium qui doit résulter du passage de l'α- au β-monoester, inverse du précédent, nous a permis d'étayer définitivement cette conclusion.

Nous avons, pour le réaliser, utilisé la réaction de Karrer et Salomon [2] basée sur la propriété qu'a seul le monoester β-glycérophosphorique (à l'exclusion de l'isomère α) de former avec l'azotate de baryum un sel double très peu soluble ($0^{g},8$ pour 100) de formule



$$2PO^4Ba-CH(CH^2OH)^2 + (NO^3)^2Ba.$$

Toutefois, comme la réaction des auteurs suisses n'est pas directement applicable à un mélange aussi pauvre en isomère β (10 pour 100 environ, seulement) que celui résultant de la transposition du monoester α, nous avons dû, en outre, mettre à profit une constatation faite au cours de l'isolement du monoester α-glycérophosphorique provenant de la transposition inverse, à savoir que si l'on amorce à l'aide de quelques cristaux d'isomère α un tel mélange préalablement amené à la concentration voulue, on observe une abondante cristallisation de cet isomère, alors que la presque totalité de l'isomère β demeure en solution dans la liqueur mère.

Notre mode opératoire, assez long, et qui sera décrit en détail dans un autre Mémoire comporte, en conséquence, trois stades principaux : un enrichissement du mélange résultant de la transposition étudiée en isomère β, la précipitation de cet isomère à l'état de sel double de Karrer et Salomon et la régénération, à partir de ce dernier, du β-glycérophos-

---

(2) *Helv. Chim. Acta*, 9, 1926, p. 3.

phate de sodium cristallisé (seul sel vraiment caractéristique), d'après la technique décrite par O. Bailly et J. Gaumé ([3]).

En résumé, il résulte de cet exposé que l'action isomérisante exercée, en solution aqueuse et à la température de l'ébullition, par les acides forts, sur les glycérophosphates, *est une réaction d'équilibre chimique*, permettant non seulement le passage des β- aux α-glycérophosphates, mais aussi le passage inverse. Dans cette dernière alternative, toutefois, le rendement très faible dépasse à peine 10 pour 100 et le procédé de choix pour passer des α- aux β-glycérophosphates demeure celui imaginé par O. Bailly et J. Gaumé ([4]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la décomposition thermique des formiates de nickel et de cobalt.* Note de M. **Fernand Caujolle**, présentée par M. Paul Lebeau.

La décomposition thermique du formiate de nickel n'avait été abordée que par Hoffmann et Schumpelt ([1]) lorsque son étude fut reprise par Brochet, en vue de la préparation des métaux hydrogénants actifs ([2]). Ce dernier auteur considère cette décomposition comme s'effectuant selon l'équation théorique $(HCO^2)^2Ni = 2CO^2 + H^2 + Ni$. Toutefois, la proportion d'hydrogène formé est toujours plus élevée et l'anhydride carbonique est mélangé d'oxyde de carbone. La disproportion entre les volumes de CO^2 et de H^2 s'expliquerait par une absorption de gaz carbonique par le nickel, ou bien par l'intervention de l'eau contenue dans le sel et qui ne se dégagerait qu'au moment de sa destruction. Enfin, une certaine quantité d'oxyde de carbone serait formée par réaction secondaire due à l'eau. Aucune indication n'a été fournie sur le volume total des gaz provenant d'un poids donné de formiate métallique, ni sur leur composition centésimale.

Les essais de décomposition thermique ont été effectués à partir du formiate de nickel ou du formiate de cobalt préparés dans un état de pureté aussi parfait que possible.

([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 2, 1935, p. 365.
([4]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2258.

([1]) *Ber. d. Chem. Ges.*, 49, 1890, p. 303.
([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 27, 1920, p. 897.

La décomposition thermique a été réalisée sur des poids connus de ces sels. On chauffe progressivement dans le vide, au moyen d'un dispositif analogue à celui utilisé par Lebeau pour l'étude de la pyrogénation des combustibles ([3]).

Les gaz, recueillis pour chaque palier de température de 100°, pour une durée de chauffe d'une heure, ont été mesurés et analysés. Les résultats sont rapportés à 1g de sel.

Formiate de nickel. — Le formiate employé est le formiate $(HCO^2)^2Ni$, $2OH^2$. Ce sel se déshydrate sous la pression ordinaire à partir de 110°; on l'obtient anhydre si on le maintient un temps suffisant à 120-125°. Au cours de ces expériences de pyrogénation, on observe déjà un départ d'eau au-dessous de 100°. A 200°, la déshydratation s'achève en même temps que commence la décomposition du sel avec production de gaz.

Le tableau suivant réunit les données quantitatives caractéristiques de cette pyrogénation.

Températures.	Volumes totaux des gaz (cm³/g).	Volumes des divers constituants.				
		CO^2.	H^2.	CO.	CH^4.	Indéterminés.
100 à 200°....	60	36,13	16,45	7,11	0,09	0,22
200 à 300°....	259,50	164,68	63,66	29,22	1,78	0,16
Total......	319,50	200,81	80,11	36,33	1,87	0,38

La majeure partie du gaz est recueillie entre 200 et 300°. En réalité, la décomposition se fait à une température peu supérieure à 200°. La composition centésimale des gaz est d'ailleurs, dans tous les cas, assez voisine et se rapproche de celle du mélange gazeux total, soit

CO^2 62,85; H^2 25,08; CO 11,37; CH^4 0,58; indéterminés 0,12.

La nacelle contient, pour 1g de sel, 0g,315 de nickel très divisé sensiblement pur.

En dehors de ce résidu et des gaz, on a condensé une quantité d'eau comprenant l'eau d'hydratation et de l'eau de réduction; cette eau est légèrement acide.

Formiate de cobalt. — Le formiate de cobalt utilisé est également le sel à $2OH^2$. Cet hydrate est stable à 20° dans le vide sulfurique et à 50° sous la pression ordinaire. Sa déshydratation se réalise complètement à 135°.

([3]) *Chimie et Industrie*, 14, 1925, p. 10.

Dans l'action de la chaleur et du vide, on remarque une déshydratation nette au-dessous de 100° et l'ensemble de l'opération donne des résultats sensiblement identiques à ceux fournis par le formiate de nickel.

Les volumes du dégagement gazeux observé, tant pour le mélange total que pour les constituants, sont indiqués ci-dessous.

Températures.	Volumes totaux des gaz (cm^3/g).	Volumes des divers constituants				
		CO^2.	H^2.	CO.	CH^4.	Indéterminés.
100 à 200°...	16,30	7,46	4,23	4,43	0,02	0,16
200 à 300°...	313,80	124,10	87,11	99,69	1,45	1,45
300 à 700°...	0,76	0,66	–	–	–	0,10
	330,86	132,22	91,34	104,12	1,47	1,71

La composition centésimale pour chacune des portions reste comparable à celle du mélange gazeux total, qui est

CO^2 39,97; H^2 27,60; CO 31,48; CH^4 0,44; Indéterminés 0,51.

Comme pour le formiate de nickel, la décomposition se produit à une température un peu supérieure à 200°.

Dans le cas du formiate de cobalt, le résidu fixe (0^g,368) est un mélange de cobalt métallique et d'oxyde inférieur.

Contrairement aux observations faites par Brochet concernant le formiate de nickel, des quantités importantes d'oxyde de carbone ont été dosées dans les mélanges gazeux résultant de ces pyrogénations, et l'équation de décomposition simple qu'il avait admise ne saurait être retenue. D'autre part, dans les produits de pyrolyse des deux formiates, il a été possible de caractériser nettement le méthane, dont la présence n'avait été signalée que dans le cas du formiate de nickel ([1]). La formation de ce gaz est certainement due à l'intervention, comme catalyseur, du résidu de métal réduit provenant de la pyrogénation de l'un ou l'autre de ces sels.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur l'existence de halos pléochroïques dans certains gneiss du massif d'Alger et les conséquences géologiques qui en découlent.* Note de M. **Louis Royer**, présentée par M. Charles Mauguin.

1. Certains gneiss écrasés du massif d'Alger dont j'ai donné la description pétrographique [1] renferment dans leurs lames de biotite de très nombreux halos pléochroïques; c'est en particulier le cas pour un gneiss mylotinisé provenant du chantier de la nouvelle mairie d'Alger.

On sait que les halos pléochroïques sont dus au bombardement par les particules α provenant des éléments radioactifs contenus dans les cristaux de zircon qui forment le noyau des halos.

Dans les gneiss en étude, on peut distinguer deux sortes de halos.

Dans les premiers, les noyaux sont invisibles ou très petits et les halos circulaires ou quasi circulaires.

Dans les seconds, les noyaux sont constitués par des zircons prismatiques à aspect grenu, corrodés ou décomposés, pouvant atteindre une taille de quelque $0^{mm},03$ dans leur plus grande dimension; les halos sont alors formés par une bande sombre entourant le cristal à une certaine distance sur tout son pourtour, de sorte qu'ils affectent une forme plus ou moins allongée analogue à celle du zircon lui-même.

Tous ces halos se présentent sous forme d'une zone qui paraît, au moins à l'œil, colorée d'une teinte uniforme plus foncée que la biotite environnante; nulle part on ne discerne dans les halos une texture concentrique qui résulterait de l'existence de plusieurs bandes foncées séparées les unes des autres par des plages moins sombres. Il n'est pas exclu qu'une étude microphotométrique des halos puisse mettre en évidence une pareille texture concentrique là où l'œil n'observe qu'une plage uniforme.

D'autres zircons, inclus dans la biotite, sont dépourvus d'auréoles pléochroïques; cela ne saurait surprendre, c'est simplement qu'ils ne renferment aucune matière radioactive.

D'après la valeur du diamètre maximum ($0^{mm},03$) des halos en étude, il semble que les inclusions radioactives des zircons formant noyaux sont constituées par des éléments de la famille de l'uranium. Ce n'est que tout à fait exceptionnellement que l'on observe des halos dont le diamètre maximum ($0^{mm},04$) indique la présence dans le noyau d'éléments de la famille du thorium.

---

[1] *Bull. Serv. Carte Géolog. de l'Algérie*, 5e série, n° 2, 1937.

Quand on chauffe ces biotites pléochroïques, les halos persistent sans aucune altération jusqu'à une température de 600° environ; au-dessus de cette température les halos deviennent flous et indistincts; les plus persistants finissent par disparaître complètement vers 1100° environ.

Ces gneiss à halos, réduits en poudre et mis en contact avec la couche sensible d'une plaque photographique, ne provoquent après un mois aucun noircissement de la plaque photographique.

2. On sait que l'existence de halos pléochroïques dans des roches éruptives et métamorphiques acides anciennes est un phénomène très fréquent; mais les mêmes roches d'âge récent (tertiaire) en sont totalement dépourvues ou ne montrent que des halos très petits à peine ébauchés. Tous les auteurs sont d'accord pour admettre que les halos à noyaux de zircon n'atteignent leur plein développement qu'après un temps extrêmement long.

De nombreuses observations dans des régions variées ont montré qu'un sédiment pratiquement exempt de halos pléochroïques pouvait contenir de nombreuses auréoles après avoir subi un métamorphisme par une roche acide. C'est pour cette raison que l'on admet que dans un paragneiss les halos pléochroïques se développent surtout à partir du moment du métamorphisme. Le développement plus ou moins poussé de pareils halos est donc en relation avec l'âge du métamorphisme de ce paragneiss.

3. Or, l'âge des schistes cristallins du massif d'Alger est encore mal établi du fait que jusqu'ici ces schistes n'ont pu être mis en relation stratigraphique qu'avec des terrains récents d'âge tertiaire. D'autre part, ces schistes cristallins dans leurs termes les plus métamorphiques, ont des compositions minéralogique et chimique très voisines de celles des roches éruptives d'âge tertiaire qui affleurent dans le voisinage sur le littoral algérien. Aussi avait-on envisagé l'hypothèse que le métamorphisme de ces schistes pourrait être d'âge tertiaire.

J'ai déjà montré ([2]) que l'étude de la thermoluminescence de ces schistes fournissait une présomption en faveur d'un métamorphisme beaucoup plus ancien. L'existence de halos pléochroïques dans certains gneiss de ce complexe cristallophyllien transforme cette présomption en une quasi-certitude.

En effet, il me paraît tout à fait impossible qu'un sédiment métamorphisé au tertiaire puisse présenter des halos pléochroïques d'un développe-

---

([2]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 602.

ment analogue à celui que l'on observe dans les gneiss en étude. D'après l'état actuel des halos, il y a tout lieu de penser que le métamorphisme est au plus d'âge primaire, mais rien ne s'oppose à ce qu'il soit antécambrien.

Les sédiments qui constituent la roche originelle de ces paraschistes sont donc très anciens; leur métamorphisme se place vraisemblablement, soit dans le cycle hercynien, soit dans le cycle calédonien.

En plus, les halos pléochroïques font penser que depuis leur métamorphisme, ces schistes cristallins n'ont subi à aucun moment de leur histoire une élévation de température maxima de l'ordre de 600° à 800°.

GÉOLOGIE. — *Résultats d'une mission en Côte française des Somalis.* Note de M. E. **Aubert de La Rüe**.

La nature géologique de la Somalie française est connue dans ses grandes lignes par les observations d'Aubry (1), d'Arsandaux (2), de P. Teilhard, de Chardin et P. Lamare (3), de M. Dreyfuss (4). Certaines parties de la colonie, l'ouest et la région du Bab-el-Mandeb notamment, n'avaient pourtant encore été l'objet d'aucune étude et les recherches que je viens de poursuivre en 1938 ont eu pour but principal leur exploration.

Les travaux antérieurs ont montré que la Somalie française, sauf les environs d'Ali-Sabieh où affleurent des sédiments jurassiques et crétacés, était formée de laves résultant d'éruptions qui se sont succédé du Crétacé au Quaternaire. On distingue, à la base, une série basaltique ancienne, surmontée par des rhyolites, recouverts par des basaltes récents. Sur ces laves reposent des dépôts quaternaires, marins le long de la côte et lacustres dans les dépressions tectoniques de l'intérieur. Ces derniers, sauf ceux d'Assal, considérés comme étant des dépôts d'eau douce, se sont formés dans des eaux saumâtres (Gobad, Dikkil, Hanleh, Gagadeh), comme le prouve la présence d'argiles gypseuses et salifères.

Des galets de roches cristallines (pegmatites, diorites, gabbros, etc.) s'observent dans les cailloutis de Dikkil et du Gobad, amenés d'Ethiopie

(1) *Bull. Soc. Géol. Fr*, 3e série, 14, 1886, p. 201-222.
(2) *Contribution à l'étude des roches alcalines de l'Est-Africain*, 1906, p. 1-96.
(3) *Mém. Soc. Géol. Fr.*, 14, 1930, p. 1-83.
(4) *Rev. de Géogr. Phys. et de Géol. Dynamique*, 4, IV, 1931, p. 287-385.

par les oueds Dourdour et Dagadera. Les recherches faites en Somalie française pour trouver un affleurement du socle cristallin n'ont donné aucun résultat positif, mais m'ont permis de découvrir, à 4^{km} au sud-est de Garbes, dans le Hanleh, un petit anticlinal gréseux (N 30° E, avec pendages respectifs de 25° S 70° E et 40° N 60° W). Ce sont des grès rougeâtres renfermant des débris basaltiques roulés et rubéfiés. Il est difficile d'établir une corrélation entre eux et ceux d'Ali-Sabieh, d'un faciès différent et de préciser leur âge.

Les basaltes anciens, considérés comme postérieurs aux grès d'Ali-Sabieh, semblent parfois interstratifiés au milieu de ceux-ci (massif du Daréïn). Ces basaltes, signalés en des points limités des Mabla, ont une large extension. Ils forment la base de ce massif où ils affleurent dans la plupart des vallées, souvent jusqu'à plus de 1000^{m} d'altitude. On les retrouve dans le Goudah (vallées d'Aiboli et de Magaleh), dans les Dakka (Hassa-Ali), au pied des monts Iagueri (Ravin d'Orgoïta), dans le massif du Boura, ainsi que dans les monts Ado-Aleh.

Les premières éruptions rhyolitiques se sont produites alors que les épanchements de basaltes anciens n'avaient pas encore cessé, car par endroits alternent des coulées basiques et acides (O. Adoleï). Cette série rhyolitique a un développement plus considérable encore qu'on ne le pensait. Je citerai les affleurements nouveaux du pourtour du Hanleh (Baba-Alou etc.), des Dakka (Hassa-Ali, Ourbat-Daba), de la côte orientale du Ghoubet-Kharab, des flancs nord et ouest du Goudah (Vallées de Mabdahou et d'Ororei). Les rhyolites occupent encore de grandes surfaces dans la zone montagneuse comprise entre le plateau d'Obock et l'Érythrée, mais n'atteignent la mer qu'en un seul point, au Ras Doumeira. Cette série rhyolitique comprend des types hyperalcalins (Pantellerites et comendites), connus dans les Mabla, près d'Hol-Hol etc., dont j'ai relevé de nouveaux gisements au Goudah (O. Magaleh), dans le massif d'Ado-Aleh (Dergoli), à l'ouest de l'Arta (Mt. Koranke) etc. Ces rhyolites forment des coulées stratoïdes, et parfois des dykes, mais il est difficile d'identifier les anciens centres éruptifs. Leur puissance, très variable, ne semble pas dépasser 500^{m}.

Les basaltes récents sont le plus souvent liés à des éruptions fissurales, dont les coulées sub-horizontales forment des empilements de plus de 1000^{m} (Goudah, Dollad, Gamareh). Le Garbi (1500^{m}) paraît être le plus vaste des appareils volcaniques de cette série, dont font aussi partie les petits cônes du S-E de la Somalie française et du fond du Ghoubet-Kharab. Le Ras

Siane, cône strombolien démantelé, en bordure du Bab-el-Mandeb, est le seul du nord de la colonie. Ces basaltes récents sont antérieurs aux récifs coralliens soulevés du littoral, mais recouvrent localement les dépôts lacustres quaternaires. Aubry avait signalé ce fait dans la cuvette d'Assal et je l'ai observé près de Dikkil, dans la vallée de Kouri et la plaine de Gagadeh. Les vastes régions tabulaires édifiées par ces basaltes ont été morcelées par de nombreuses failles, affectant dans l'ouest de la colonie une direction générale NW-SE qui tend à devenir progressivement NNW-SSE dans le nord du territoire.

GÉOLOGIE. — *Sur l'origine et la genèse du minerai de fer oxfordien de Neuvizy (Ardennes).* Note de M. **Antoine Bonte**, présentée par M. Lucien Cayeux.

La partie supérieure de l'Oxfordien (Zone à *Cardioceras cordatum*) est représentée, dans les Ardennes, par les calcaires marneux bleus à *Rhynchonella Thurmanni* surmontés par une couche de 3^m d'épaisseur de calcaire marneux gris jaunâtre tendre, pétri d'oolithes ferrugineuses.

La couche oolithique, extrêmement régulière, forme un excellent repère stratigraphique; elle est associée, par places, à un minerai de fer oolithique qui fut autrefois exploité.

Les auteurs ont admis généralement le passage latéral des deux formations, le minerai étant considéré comme le produit de décalcification sur place de la marne à oolithes. En effet, l'attaque lente par un acide de la marne ferrugineuse donne un résidu comparable en tous points au minerai : les oolithes sont concentrées dans une gangue argileuse peu abondante et les fossiles, en partie silicifiés dans la marne, se présentent exactement sous le même aspect carié.

La décalcification est donc certaine, mais plusieurs arguments montrent qu'elle ne suffit pas à expliquer la formation du minerai.

La marne à oolithes ferrugineuses, en effet, a une puissance de 3 mètres; si l'on tient compte de la contraction par décalcification, qui est de l'ordre de 1/2,5, le minerai ne devrait pas dépasser $1^m,20$ d'épaisseur, alors qu'il était, en fait, exploité sur 3 ou 4 mètres.

Par ailleurs Sauvage et Buvignier ([1]) ont signalé, à Vieil-Saint-Rémy,

([1]) *Statistique minéralogique et géologique du département des Ardennes.* Mézières, 1842, p. 298.

le fait très important de la superposition du minerai *au calcaire marneux tendre pétri d'oolithes de fer hydroxydé.*

Il ne peut donc y avoir passage latéral par décalcification locale et l'hypothèse d'un remaniement s'impose.

En faveur d'une reprise du sédiment, avec transport par des courants, la disposition en stratification entrecroisée des oolithes du minerai, l'intercalation de *petits lits discontinus de fossiles en partie brisés et silicifiés* (²) sont des arguments intéressants.

La répartition quantitative des groupes représentés en est un autre : si, au point de vue qualitatif, marne et minerai possèdent rigoureusement la même faune, les coquilles fragiles (oursins, brachiopodes) sont exceptionnelles et fragmentaires dans l'oolithe ferrugineuse, alors qu'elles abondent dans le sédiment originel; les fossiles résistants, solidement entretoisés (ammonites, gastropodes), bien que rares dans la marne, sont au contraire richement représentés dans le minerai.

L'idée de *transformation ultérieure* avait été exclue par A. de Lapparent (*loc. cit.*) à cause de la présence, au-dessus de l'oolithe ferrugineuse, des sables verts du Gault. L'hypothèse d'une reprise antecrétacée pouvait être séduisante, mais le caractère du Wealdien de la région, toujours très siliceux, s'accommode mal de la nature pétrographique du minerai dans lequel le quartz détritique est très rare; par ailleurs, aucun des niveaux supérieurs à l'oxfordien ne semble s'y trouver remanié.

Une autre hypothèse se présente à l'esprit : le minerai de fer serait un produit de remaniement subcontemporain et par conséquent oxfordien.

La marne à oolithes ferrugineuses, élément normal au point de vue stratigraphique, correspond déjà à une sédimentation assez troublée, attestée par la présence d'oolithes composées et de fragments roulés du sédiment en cours d'élaboration; mais c'est à la fin du dépôt de la marne que l'instabilité atteignit son maximum comme l'indique le cordon de galets qui, en certains points, couronne la formation. C'est alors que des courants violents, balayant le fond en voie de surélévation, défonçaient les couches précédemment déposées, roulaient sur place les fragments consolidés pendant que les parties tendres, au contraire, fortement délavées, étaient mises en suspension; dans les bas-fonds voisins, les grains ferrugineux plus denses se déposaient en couches épaisses, donnant une concentration en fer beau-

(²) De Lapparent *in* H. Douvillé, *Bull. Soc. Géol. France*, 3ᵉ série, 9, 1881, p. 458.

coup plus importante, que les anciens lavoirs à minerai n'avaient plus qu'à achever, tandis que les particules argileuses étaient entraînées au loin.

Quant à la décalcification, elle est contemporaine du remaniement; par contre, la cimentation locale du minerai par de la calcite est postérieure et, peut-être, récente.

On se trouve ainsi en présence d'un sédiment fortement remanié, produit d'abrasion sous-marine, de lavage et de transport avec calibrage et triage par densité sous l'action de forts courants; et il faut, dès lors, admettre à la fin de l'Oxfordien une période de grande instabilité des fonds sous-marins.

Ceci permet d'étendre aux Ardennes les conclusions formulées par M. Cayeux (3) pour les minerais de même âge du Calvados et de confirmer, une fois de plus, la nécessité, *pour engendrer des gisements de fer sédimentaires, de milieux en perpétuelle rupture d'équilibre* (4) (*loc. cit.*, p. 947).

HYDRAULIQUE SOUTERRAINE. — *Nouvelles formules pour le calcul du débit des nappes.* Note (1) de M. **Auguste Vibert**, présentée par M. Émile Jouguet.

L'analyse des constatations, faites pendant les pompages effectués sur des puits filtrants, montre que l'écoulement d'une nappe incluse dans un terrain poreux homogène, reposant sur un substratum imperméable horizontal, se fait comme s'il existait un potentiel des vitesses, caractérisé par des surfaces équipotentielles engendrées par une famille d'ellipses concentriques de même excentricité et ayant leur petit axe sur le support de la nappe.

L'équation générale de ces ellipses, rapportée aux axes OX et OY' (*fig.* 1), est

$$X^2 + \beta^2 y^2 = m^2 a^2 \beta^2 \quad \text{avec} \quad \beta = \frac{b}{a} < 1. \tag{1}$$

---

(3) *Les minerais de fer oolithiques de France*, fasc. II, *Minerais de fer secondaires*, p. 832.

(4) De l'étude pétrographique du minerai de Neuvizy, M. Cayeux (*loc. cit.*, p. 802) a déduit la nécessité d'une remise en mouvement d'éléments ferrugineux préexistants, assimilant l'ensemble des minerais oxfordiens à des dépôts détritiques relevant du groupe des poudingues à très petits éléments, p. 837.

(1) Séance du 23 janvier 1939.

1° *Puits filtrant reposant sur le substratum de la nappe.* — La méridienne de la courbe d'abaissement (*fig.* 1) étant normale aux équipotentielles, a pour équation générale

$$\log_e y + C = \beta^2 \log_e x. \tag{2}$$

ε étant le module de perméabilité, dans la section cylindrique verticale

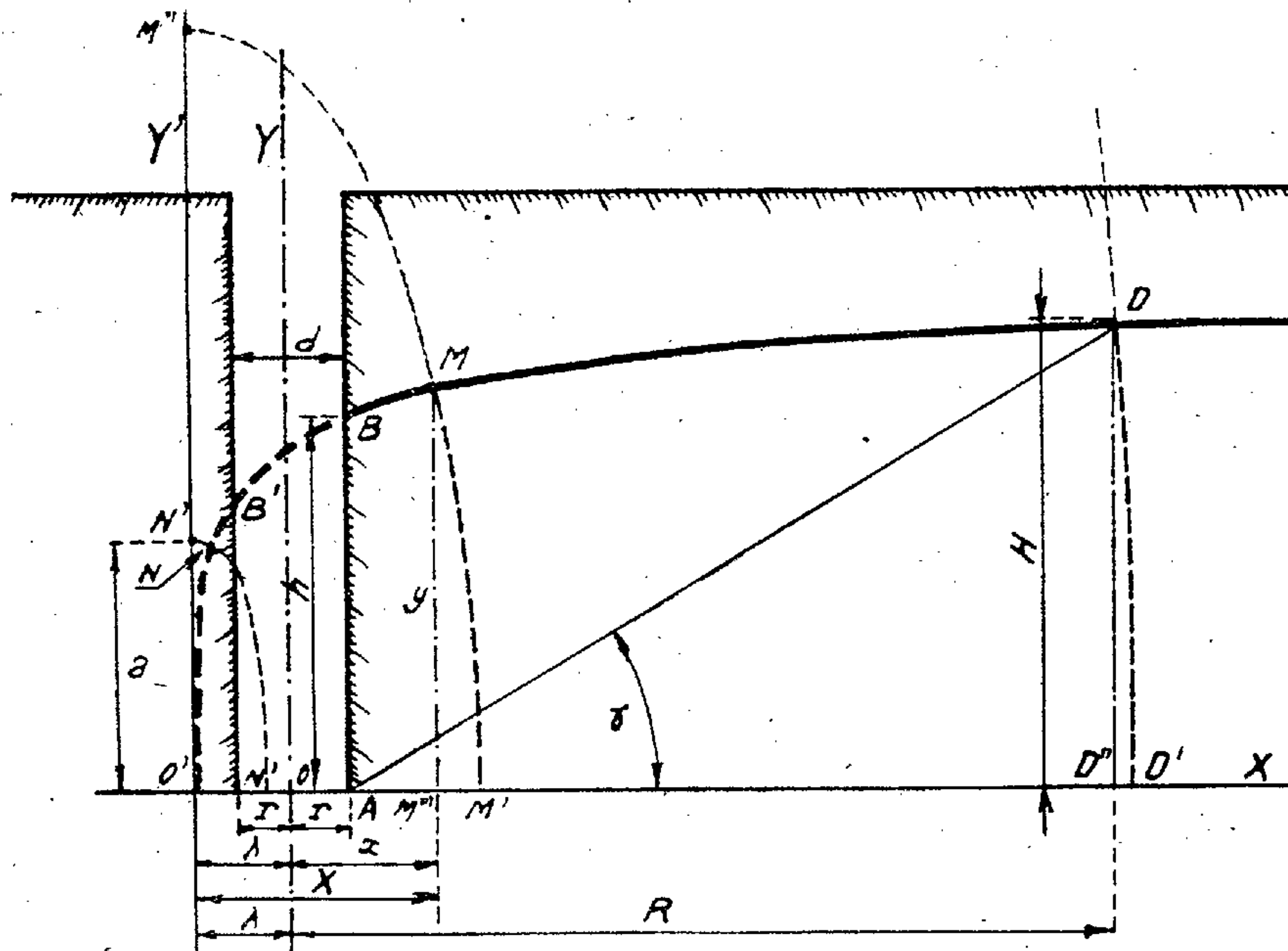


Fig. 1.

passant par le point D($X = \lambda + R$ et $y = H$), situé à une distance suffisante de l'axe du puits pour que la loi de Darcy $v = \alpha i$, soit applicable, on peut écrire

$$q = 2\pi R \varepsilon H \frac{dy}{dX} = 2\pi R \varepsilon \frac{\beta^2 H^2}{\lambda + R}.$$

L'application successive de l'équation (2) aux points D et M donne, tous calculs effectués,

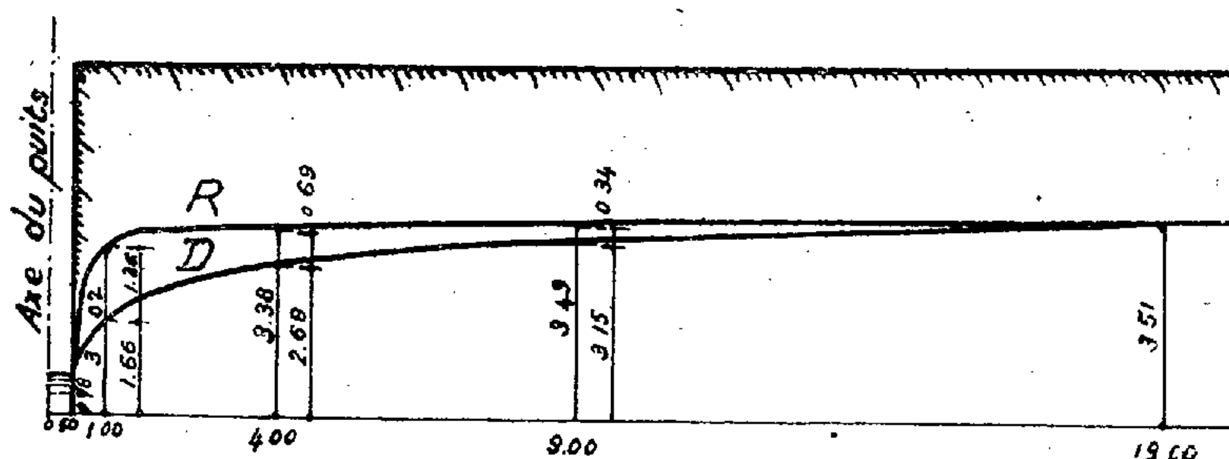
$$q = \frac{2\pi\varepsilon R \beta^2 H^2 \left[1 - \left(\frac{y}{H}\right)^{\frac{1}{\beta^2}}\right]}{R - x} \quad \text{ou} \quad R - x = K\left[1 - \left(\frac{y}{H}\right)^{\frac{1}{\beta^2}}\right],$$

avec

$$K = \frac{\beta^2 R H^2}{n} \quad \text{et} \quad n = \frac{q}{2\pi\varepsilon},$$

qui est l'équation de la courbe d'abaissement de la nappe en mouvement.

2° *Exutoire naturel rectiligne ou drain filtrant.* — Si L est la longueur de



R courbe reelle
D courbe de Dupuit

Fig. 2.

l'exutoire, l la distance de la section de référence de hauteur H, à la paroi d'émission, nous pouvons écrire de même

$$g = \frac{L\varepsilon\beta^2 H^2 \left[1 - \left(\frac{y}{H}\right)^{\frac{1}{\beta^2}}\right]}{l} \quad \text{et} \quad l - x = K\left[1 - \left(\frac{y}{H}\right)^{\frac{1}{\beta^2}}\right].$$

Vérification des formules. — L'expérience a confirmé nos hypothèses et montré que $1/\beta^2$ a une valeur voisine de 20. La figure 2 ci-dessus résume une expérience caractéristique. A l'échelle du dessin, la courbe qui résulte de nos équations ne peut être différenciée de la courbe réelle R. Aux erreurs de mesure près, les deux courbes se confondent. Les équations de Dupuit, au contraire, donnent une courbe D (*fig.* 2), qui se tient très au-dessous de la courbe réelle; son approximation est nettement insuffisante.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'origine africaine d'un cyclone tropical dévastateur dans la région de New York.* Note de M. **Henry Hubert**.

Le 21 septembre 1938, le centre d'un cyclone d'une extrême violence passait au-dessus de Long Island, à 60^{km} à l'est de New York. Il s'évanouissait le lendemain. Sur son bref parcours continental il avait causé la

mort de 600 personnes et provoqué des désastres matériels évalués à plus de 250 millions de dollars [1].

Il s'agissait d'un cyclone tropical, dépisté, comme dépression, par le Weather Bureau, depuis le 13 septembre, alors qu'il se trouvait sur l'Atlantique à 2000^{km} seulement de la côte du Sénégal.

Grâce aux excellentes observations du Service Météorologique de l'A. O. F., il m'a été possible d'établir d'une façon complète les cartes météorologiques de l'Afrique de l'Ouest avant le 13 septembre et de reconstituer le début de l'histoire de ce cyclone. On trouvera ici un bref résumé de cette reconstitution.

Du 4 au 7 septembre 1938, la répartition normale des isobares dans l'Afrique de l'Ouest ne subit pas de modifications notables : zone permanente de pressions faibles (1005-1010 mb) dont le centre est souvent voisin de Tamanrasset et située entre deux isobares de 1015 mb, l'une allant en gros du cap Juby vers Alger ou Tunis, l'autre allant de Freetown vers Cotonou, en mordant plus ou moins sur le littoral du Golfe de Guinée. Pour cette période, ce n'est que dans le dispositif des isallobares qu'on peut trouver matière à observation concernant le cyclone étudié.

On sait que ces isallobares forment des noyaux qui se déplacent de l'Est à l'Ouest [2]. Pour la période considérée, les noyaux négatifs, très allongés suivant une direction subméridienne, occupaient en longitude des espaces de l'ordre de 700 à 2500^{km}, et étaient séparés les uns des autres par des noyaux positifs du même ordre de grandeur. La vitesse de déplacement de leur centre était de l'ordre de 900 à 1200^{km} par 24 heures.

Le 4 septembre, la bordure d'un noyau négatif d'aspect banal fait son apparition à Bilma (—0,9 mb). Il est centré le 5 sur Bilma (—3,1 mb), le 6 sur Kidal (—4,5 mb), le 7 sur Néma (—4,9 mb) et Araouan (—5,5 mb), le 8 sur Kaolack (—6,3 mb); à partir du 9 il chemine sur l'océan, de l'Est à l'Ouest.

Jusqu'au 7 septembre, ce noyau n'a pas eu d'autre effet que d'abaisser vers le Sud, et dans son voisinage immédiat, la limite méridionale de la zone des faibles pressions de Tamanrasset, et il semblait destiné à donner simplement naissance à une petite dépression banale qui s'éloignerait sur l'Atlantique. Or, exceptionnellement, le 7 septembre, sans qu'il y ait eu renforcement apparent de l'anticyclone des Açores (ce renforcement ne sera sensible qu'à partir du lendemain), on constate que l'isobare 1015 prend subitement sur la côte d'Afrique une orientation subméridienne et pénètre en doigt de gant dans l'A. O. F. jusqu'à la limite septentrionale de la Guinée française. En même temps commence à se produire une invasion corrélative de l'alizé dans l'Adrar mauritanien. Il y a là quelque chose d'analogue à ce que j'ai

(1) I. R. TANNEHILL, *Month. Weather Review*, 66, n° 9, 1938, p. 286.
(2) S. FROLOW, *Ann. Phys. Globe France d'Outre-Mer*, n° 14, 1936, p. 57.

signalé comme caractérisant l'amorce des cyclones tropicaux dans les parties occidentales des océans ([3]).

Cette analogie s'accentue le lendemain. L'alizé, descendu alors jusqu'à Ziguinchor, souffle sur la bordure ouest d'une petite dépression encore peu profonde (1006 mb) et désormais indépendante : elle vient de se détacher de la zone des faibles pressions de Tamanrasset et occupe le Sénégal. En même temps le domaine de la mousson a été brusquement rejeté au sud de la petite dépression formée, et déjà l'action antagoniste des deux vents, si rare en A. O. F., se traduit par une circulation cyclonique autour de cette dépression. Les conditions qui président à la formation d'un cyclone tropical sont amorcées.

Autant qu'on puisse suivre les variations des isobares au-dessus de l'Atlantique, on constate que la déformation en doigt de gant de l'isobare 1015 se déplace progressivement vers l'Ouest, toujours au-devant de la dépression née au Sénégal et que celle-ci continue à se creuser, jusqu'à devenir un cyclone tropical à partir du 16 septembre.

C'est la première fois, semble-t-il, qu'on est ainsi en mesure de suivre l'évolution d'un cyclone tropical, d'abord à partir du banal creusement d'un noyau isallobarique, puis à partir du début de l'individualisation d'une dépression indépendante. C'est la première fois aussi qu'il est possible de montrer l'origine africaine d'un cyclone tropical atlantique, à environ 12000^{km} du littoral sur lequel il devait exercer ses ravages.

MÉTÉOROLOGIE. — *La composante annuelle de la pluie en Syrie et au Liban.* Note ([1]) de M. **Soubhi Mazloum**, présentée par M. Georges Perrier.

Les données de près de 50 pluviomètres observés en Syrie, au Liban et dans les pays limitrophes (Irak, Palestine et Transjordanie) ont été analysées suivant la méthode de M. H. Labrouste. Cette Note est consacrée à l'étude de la composante annuelle dégagée (phase, importance relative et mode de propagation).

([3]) *Ann. Physique Globe France d'Outre-Mer*, n° 4, 1934, p. 97.

([1]) Séance du 9 janvier 1939.

...tion.	Phase.	Importance.
...ie.		
....	— 6,5	46,7
...rette.....	— 2,5	39
e.........	— 4,2	50
....	— 5,2	60,5
....	— 2	47,7
...Zor.......	— 3,7	23
....	— 6,2	51
...l.........	— 2,5	–
...ous.......	— 7	44,7
...oghour...	— 2,5	57,5
....	— 6	43,6
....	— 6,3	63,3
...hé.......	— 5,4	48,8
....	— 6	61,7
...lié.......	—10	–
...in........	— 3,5	61,5
...han......	— 2,8	61,3
...ié........	— 3,9	48,1

Station.	Phase.	Importance.
Syrie (suite).		
Maaret-Nomān....	—6,7	–
Massyaf..........	—5,8	69,3
Muslimié.........	—7,5	51
Nebek............	—0,5	53,3
Palmyre..........	0,0	43
Rakka............	—5	–
Salkhad..........	—5,8	58,5
Sélémié..........	—5,8	60,9
Soueida..........	—6,5	46,3
T_2 (I. P. C.)........	—3,3	25,9
T_4 (I. P. C.)........	—2,5	30
Tartous..........	—2,8	58
Liban.		
Beyrouth (Naz.)...	—3,4	48,1
Djezzine..........	—6,7	46,6
Ksara............	—4,9	40
Le Krey..........	—4,9	44,2
Rachaya..........	—4,2	67,2

Station.	Phase.	Importance
Liban (suite).		
Rayak............	—4,5	55,6
Tripoli...........	—3,7	51
Palestine.		
Djénine..........	—3,8	60,3
Gaza.............	+1,2	39,6
Haïfa............	—1,8	53,4
Hebron...........	—5	40
Jérusalem........	—4,4	37,7
Nazareth.........	—3,3	55
Tel-Aviv.........	—2	65
Tibériade........	—5,3	59,4
Irak.		
Bagdad (Hinaidi)...	—4,1	24,6
Mossoul..........	—8,2	50,3
Rutbah...........	—6,3	33
Transjordanie.		
Ammāne..........	—5,3	56

La carte ci-contre reproduit une interprétation des isophases moyennes (trait continu) et des courbes d'égale importance relative (trait interrompu) : les isophases ont été cotées en centièmes de T à partir de la station où la phase la plus précoce a été observée (Palmyre, 15 septembre).

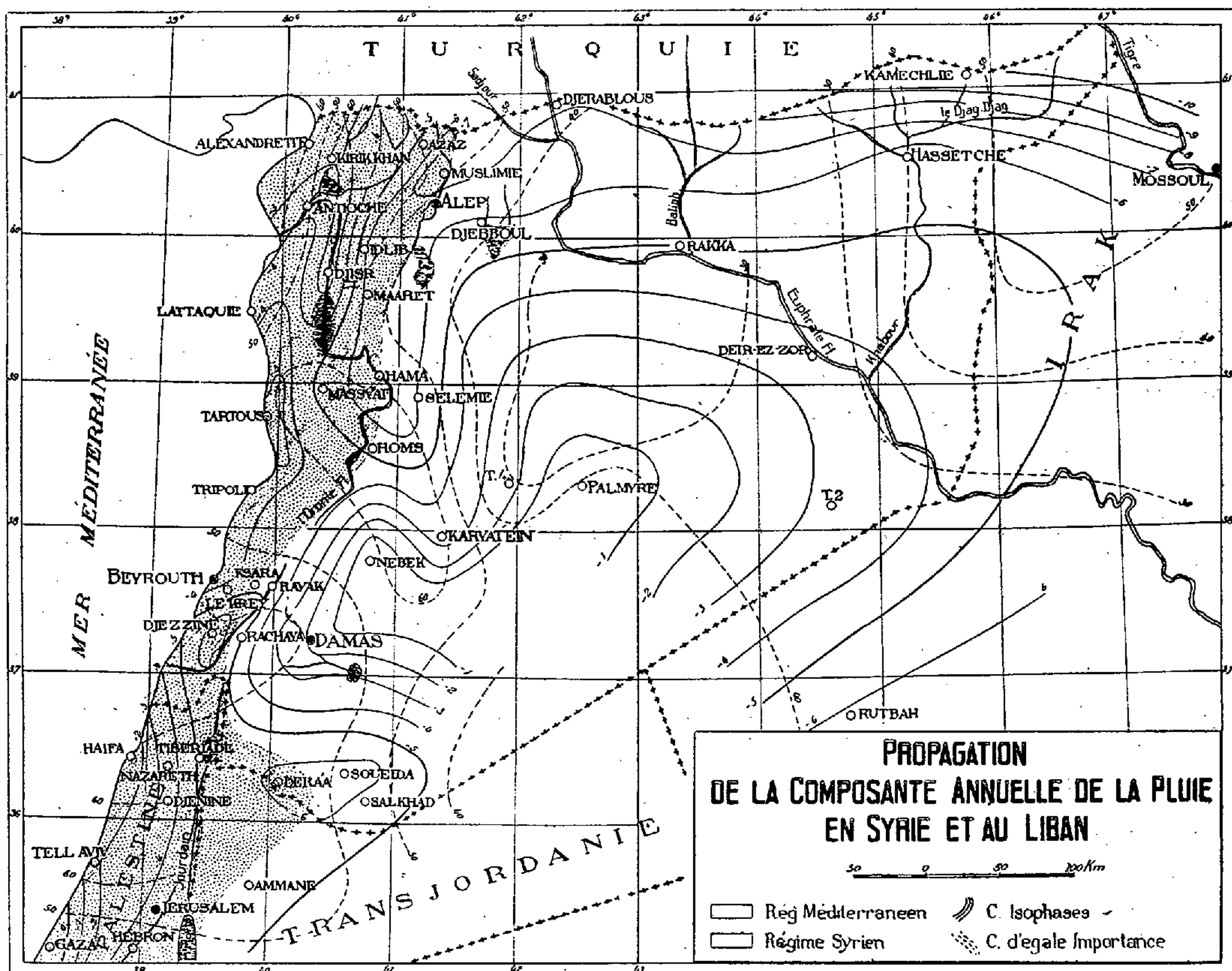
L'examen de cette carte révèle qu'il règne en Syrie et au Liban deux régimes différents : l'un, côtier ou *méditerranéen*, caractérisé par une décroissance régulière de la phase à partir de la côte ; et l'autre, intérieur ou *syrien*, qui présente une zone de divergence (Damas-Palmyre) autour de laquelle la phase décroît dans toutes les directions. L'un et l'autre régime empruntent leurs précipitations à la Méditerranée ; leur différence peut être expliquée par les causes de production de la pluie.

Dans le régime méditerranéen, le relief joue un rôle prépondérant ; l'air, chargé d'humidité, vient se heurter aux chaînes du Liban et des Ansariehs et prend un mouvement ascendant accompagné d'une détente qui provoque la pluie : aussi la phase décroît à mesure qu'on s'éloigne de la mer.

Dans le régime syrien, le relief est peu accentué et les pluies doivent être attribuées à des conditions thermiques (mouvements de convection). Or, sur la carte des températures moyennes réduites au niveau de la mer, on observe que la température s'élève à mesure qu'on avance dans les steppes désertiques, tandis que l'humidité de l'air diminue ; et comme, par ailleurs, la composante annuelle de la température est en avance sur celle

de la pluie, il existe une zone où les phénomènes de convection se produisent avec une avance de phase maximum : c'est la zone de divergence reconnue.

Ainsi la propagation de la composante annuelle des pluies peut traduire



leur caractère orographique dans le régime méditerranéen, et leur caractère convectif dans le régime syrien.

Sa vitesse de propagation varie suivant la trajectoire suivie (50^{km} par mois dans la vallée de l'Oronte, 500^{km} par mois sur l'Euphrate et dans les plaines désertiques).

Enfin le réseau des courbes d'égale importance est sensiblement orthogonal à celui des isophases ; il en résulte qu'en Syrie et au Liban, aussi bien qu'en Argentine et en Indochine, la composante annuelle de la pluie se propage en conservant la valeur relative de son amplitude.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de la colchicine et du chloral sur les racines de* Vicia Faba. Note de M. **Raymond Garrigues**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Il semble, d'après les descriptions précédemment publiées, que le chloral (Nemeč, Sakamura, Van Regemorter) et la colchicine (Dustin et ses collaborateurs, Gavaudan, Mangenot) exercent sur les mitoses des actions comparables. Par ailleurs un des effets les plus frappants de la colchicine consiste dans la tuméfaction des organes traités (racines, coléoptiles); or, on n'a jamais signalé que le chloral produise le même effet tuméfiant. Nous avons pensé qu'il serait intéressant de comparer, avec précision, les effets de ces deux substances sur un même objet : la racine de *Vicia Faba*. Nous avons donc soumis comparativement des racines de cette espèce (attachées à la plantule) à des solutions, dans du liquide de Knop, de colchicine et d'hydrate de chloral [1].

1° Les racines soumises à l'action de la colchicine subissent régulièrement la tuméfaction subterminale de la zone de croissance. L'hydrate de chloral ne produit aucun effet tuméfiant, quelle que soit la concentration employée.

2° La colchicine ne modifie pas sensiblement la structure du noyau en interphase : celui-ci conserve notamment, même dans les racines traitées pendant huit jours, son réseau de chromatine, porteur de quelques chromocentres; au contraire, les noyaux chloralisés présentent en grand nombre, 24 heures après, un réseau à travées épaissies, moins nombreuses, ayant tendance à s'agglomérer; ce phénomène, en s'accentuant, aboutit rapidement à la formation de noyaux pycnotiques.

3° La plupart des noyaux présentent, dans les racines colchicinées, un contour très irrégulièrement incisé, avec des lobes plus ou moins nombreux et ayant tendance à s'isoler. De plus on observe, dans ces mêmes racines, d'indubitables figures d'amitoses. Au contraire, les noyaux des racines chloralisées ne sont nullement incisés et l'existence d'amitoses y est douteuse.

4° Les dimensions des noyaux augmentent très rapidement dans les racines colchicinées. De 10^{μ} (dimension normale 8^{μ}) après 24 heures de

---

[1] Solutions de colchicine à 1/2000 et à 1/200 (les effets produits sont essentiellement les mêmes) et d'hydrate de chloral aux mêmes concentrations, dans du liquide de Knop dilué de moitié.

traitement, ils présentent, vers le troisième jour, des diamètres de l'ordre de 16µ à 24µ, vers le quatrième jour de 18µ à 23µ, vers les septième et huitième jours de 25µ à 35µ; dans les ébauches radicellaires, l'augmentation de volume est beaucoup plus marquée encore : les noyaux y présentent, en effet, vers le huitième jour, des diamètres de 42 à 55µ. En même temps que le volume augmente, le nombre de nucléoles devient plus élevé.

Il ne nous paraît pas possible d'admettre que cet accroissement de volume, continu, rapide, et intéressant l'ensemble des noyaux des régions sensibles (méristème apical, ébauches radicellaires), résulte exclusivement de stathmocinèses successives ayant provoqué des redoublements du nombre des chromosomes; le nombre de prophases, évalué chaque jour, indique nettement que, dans chaque méristème, de nombreux noyaux restent au repos pendant toute la durée de l'expérience; dans les ébauches radicellaires, même, les figures cinétiques sont extrêmement rares. De plus les stathmocinèses sont lentes, comme le montre le grand nombre de figures de dispersion chromosomique sur l'aire fusoriale (pseudométaphases). Il faut donc admettre, avec Mangenot, que la colchicine provoque une augmentation du volume nucléaire, avec synthèse de chromatine, même dans la cellule ne se divisant pas [2], action plus marquée au niveau des ébauches radicellaires qu'au niveau des méristèmes initiaux [2].

Par contre, le chloral n'exerce, quelle que soit la concentration, aucune action semblable sur le noyau; les noyaux chloralisés sont, au bout de huit jours, de même dimension ou plus petits qu'au début de l'expérience (6 à 8µ).

5° La stathmocinèse colchicinique est maintenant trop connue pour qu'il soit utile de la décrire. Le chloral exerce, assurément, sur le cours de la mitose déjà déclenchée, une action comparable, c'est-à-dire qu'il inhibe le fuseau et empêche la constitution d'une plaque équatoriale, puis la séparation des chromosomes-fils. Mais il y a plus : il semble que le chloral ne permette pas aux noyaux interphasiques d'entrer en prophase, comme tend à le montrer, non seulement la diminution rapide du nombre des figures prophasiques, dans les racines traitées, mais encore le fait que toutes les figures prophasiques observées se rapportent à des stades tardifs (chromosomes déjà formés et clivés).

Il résulte de cet ensemble de faits que le chloral et la colchicine exercent sur le noyau des actions profondément différentes : la colchine influe sur le

(2) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 222.

métabolisme sans altérer, du moins si le traitement n'est pas prolongé à l'excès, les structures cellulaires; au contraire, le chloral modifie manifestement et finit par bouleverser la structure du noyau.

Chloral et colchicine inhibent la multiplication du nombre des cellules; mais on conçoit que le chloral, substance très toxique, ne permette pas, comme le fait la colchicine, la croissance des cellules bloquées dans la zone d'allongement (Mangenot) et, par conséquent, ne provoque pas la tuméfaction subterminale de la racine ([3]).

ZOOLOGIE. — *Sur la parthénogenèse des* Tettigoniidæ (*Orthoptères*). Note de M. **Pierre Cappe de Baillon**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'étude de la parthénogenèse des *Tettigoniidæ* s'est bornée, jusqu'ici, à quelques essais d'élevages. En 1907, P. Bérenguier a signalé le premier l'éclosion d'une larve dans une ponte non fécondée du *Saga pedo* Pall ([1]). Un cas du même genre a été mentionné par Fr. Zacher (1928) chez le *Phlugiola redtenbacheri* Karny (*Deutsche ent. Zeitschr.*, 1928, p. 77-80). L'élevage d'une femelle isolée du *Xiphidiopsis lita* Hebard a fourni à O. H. Swezey (1929) six œufs qui, tous, ont donné un embryon ([2]).

([3]) D'après Levan (*Hereditas*, 25, 1939, p. 87-96), les substances de croissance (acide naphtalène-acétique, etc.) inhibent la croissance des racines et radicelles d'*Allium Cepa* et en provoquent la tuméfaction subterminale par hypertrophie des cellules; en même temps, les noyaux sont hypertrophiés, avec multiplication consécutive du nombre des chromosomes. Il paraît intéressant de remarquer l'analogie entre ces effets des hétéroauxines et ceux de la colchicine, d'après les recherches de Mangenot et les nôtres; on comprend que les cellules des racines colchicinées, ne pouvant se multiplier et restant ainsi soumises à une action prolongée des facteurs physiologiques de la croissance, se trouvent dans des conditions comparables à celles des racines traitées par des substances de croissance. Il est bien entendu que l'accroissement de volume, sous l'action de la colchicine, du noyau en interphase et l'accroissement de la masse de chromatine qu'il contient, n'excluent nullement la formation de noyaux polyploïdes par doublement du nombre des chromosomes au cours de la stathmocinèse. Ces deux effets sont réels et peuvent intervenir simultanément.

([1]) *Bull. Soc. Ét. Sci. Nat. de Nîmes*, 35e année, 1907, p. 14-20.

([2]) *Proc. Hawaiian Ent. Soc.*, 7, 1929, p. 279-280.

W. Eichler (1938) a obtenu plusieurs femelles adultes d'une ponte parthénogénétique du *Phlugiola dahlemica* n. sp. ([3]).

Telles quelles, ces observations suffisent à démontrer l'existence d'une reproduction parthénogénétique chez les *Tettigoniidæ*. Mais, comme les quatre espèces nommées sont des espèces dont le mâle n'a jamais été rencontré dans la nature, il reste à prouver que la parthénogenèse existe aussi chez les espèces bisexuées, et à analyser le développement de l'œuf normal non fécondé.

Le premier point a été établi en 1933, au cours d'un élevage de *Drymadusa fletcheri* Burr., espèce bisexuée, commune en Chine. Des œufs provenant de femelles séquestrées à Taming (Ho-Peh), sont sorties des larves dont plusieurs ont atteint le stade d'imago.

L'étude de l'embryogénie parthénogénétique a été faite sur le *Leptophyes punctatissima* Bosc; en voici un bref résumé.

Les femelles du *L. punctatissima* séquestrées avant maturité ont, en dépit de leur apparence vigoureuse, une fécondité réduite ou nulle. Dans les cas les plus favorables, la moyenne de la ponte a été de 18 œufs. La ponte s'effectue en deux périodes d'inégale longueur : elle débute vers le milieu de septembre, mais s'arrête aussitôt pour reprendre au bout d'une quinzaine de jours. Tous les œufs se développent, mais, seuls, les œufs du premier lot parviennent au terme de leur développement.

Au moment de la ponte, le noyau de l'oocyte se trouve sur le bord convexe de l'œuf (face dorsale chez les *Phaneropterinæ*), à peu près à égale distance des deux pôles. C'est là que s'opèrent les deux divisions de maturation : la première est achevée 24 heures après la ponte; la seconde, 12 heures plus tard. Les globules polaires ne sont pas expulsés et dégénèrent sur place. A peine constitué, le noyau de l'œuf se divise, parfois tout à côté des globules polaires, mais le cytoplasme qui englobe les deux masses télophasiques demeure indivis, et deux faits permettent de croire que leur fusion suit de très près leur division : 1° l'apparition d'un noyau volumineux à la place qu'elles occupaient; 2° le nombre diploïde des chromosomes dans les éléments qui proviennent de la division de ce noyau.

Comme dans l'œuf fécondé, le blastoderme embryonnaire s'organise sur la face rectiligne ou ventrale de l'œuf, au niveau de l'appareil micropylaire.

([3]) Lebensraum und Lebensgeschichte der Dahlemer Palmenhauschrecke *Phlugiola dahlemica* nov. spec. (Orthopt. Tettigoniid.). Inaug. Dissert., Neubrandenburg, 1938.

L'ébauche embryonnaire, visible au bout d'une dizaine de jours, suit une évolution régulière. Les plaques équatoriales des neuroblastes de l'embryon sur le point d'accomplir sa rotation, comptent 32 chromosomes dont 2 hétérochromosomes en V. Cette formule, du type XX, est la formule caractéristique des femelles normales du *L. punctatissima*. Tous les embryons sont du sexe femelle.

EMBRYOGÉNIE. — *Le plexus choroïde de l'ours nouveau-né* (Ursus arctos). Note (1) de M. **Walther Riese**, présentée par M. Louis Lapicque.

J'ai démontré récemment que l'évolution du plexus choroïde des ventricules latéraux ne se fait pas exactement sur le même modèle que celle du plexus du 3e et du 4e ventricule (2) : tandis que chez un embryon humain de 9cm, le dernier apparaît sous forme de bourgeons et de villosités, le plexus choroïde des ventricules latéraux représente encore un vaste terrain de tissu conjonctif embryonnaire encadré d'une assise unique de cellules épithéliales. D'autre part, on sait qu'au moment de la naissance, le cerveau de l'ours (*Ursus arctos*) est encore tout à fait embryonnaire : sa surface externe est lisse (3) et la structure histologique de sa paroi hémisphérique correspond à celle d'un embryon humain âgé de 4 mois (4). *Le plexus choroïde des ventricules latéraux d'un ours nouveau-né qui a vécu 24 heures, correspond exactement à celui d'un embryon humain âgé de 4 mois.* Sur des coupes sagittales passant par tout l'hémisphère (et colorées d'après la méthode de Nissl), on constate les caractères suivants : l'épithélium consiste en une assise unique de cellules dont le corps protoplasmique est très pâle, presque incolore, mais bien délimité. Le noyau est assez grand, de contour différent, mais en général arrondi, très foncé et pourvu de un ou plusieurs nucléoles encore plus foncés. La majeure partie des cellules de l'épithélium a subi une modification très caractéristique : le noyau devient plus grand, *gonflé*, il perd sa substance chromatophile et dans les modifications les plus accusées, seuls un ou deux petits nucléoles foncés peuvent être distingués sur un fond complètement incolore, par ailleurs toujours bien délimité par une membrane nucléaire; ces nucléoles se trouvent à la péri-

(1) Séance du 30 janvier 1939.

(2) *Archives Suisses de Neurologie et de Psychiatrie*, 42, 1, 1938, p. 187.

(3) V.-R. Anthony, *Anatomie comparée du Cerveau*, Paris, 1928.

(4) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1834.

phérie du noyau. Par leur gonflement les noyaux atteignent parfois des dimensions énormes.

Il n'est pas douteux que le corps protoplasmique est, lui aussi, gonflé, et, à certains endroits même, considérablement. Le stroma est très pauvre en éléments cellulaires; on distingue des éléments fusiformes aux extrémités étirées et des éléments ronds, grands, aux noyaux clairs pourvus de un ou plusieurs nucléoles et avec un corps protoplasmique prenant une teinte légèrement rose (ces derniers éléments sont moins nombreux). *L'organisation du plexus des ventricules latéraux d'un ours nouveau-né qui a atteint une durée de vie de trois jours est beaucoup plus avancée que celle du même plexus d'un ours qui n'a vécu que 24 heures.* Cette constatation est en parfait accord avec la structure histologique de la paroi hémisphérique, structure encore plus embryonnaire chez l'individu plus jeune ([5]). Sur des coupes horizontales passant par le foramen intraventriculare cerebri de l'individu plus âgé, *on ne voit pas seulement des villosités* (bien qu'encore peu nombreuses), *mais aussi des traînées et de véritables membranes épithéliales* traduisant sans doute la croissance accélérée et même précipitée de l'épithélium, et ceci encore en accord avec la maturation précipitée des éléments constitutifs de la paroi hémisphérique ([5]). Le corps protoplasmique des cellules épithéliales du plexus télencéphalique de l'ours nouveau-né qui a vécu trois jours est clair, d'une teinte légèrement rose, il se colore d'une façon diffuse, sa structure est granuleuse. Le noyau est plus foncé que celui des mêmes éléments de l'individu plus jeune, il est grand, polygonal, pourvu de un ou plusieurs nucléoles très foncés et occupe parfois une position excentrique. Des formes gonflées et particulièrement claires persistent au stade examiné.

Le caractère essentiel du stroma du plexus télencéphalique de l'ours nouveau-né qui a vécu 3 jours est *l'abondance de vaisseaux néoformés.* Ceux-ci sont tellement nombreux que le tableau rappelle celui des angiomes, d'autant plus que les vaisseaux apparaissent sous forme de petits fragments parfois courbés; mais il y a aussi des vaisseaux à grand calibre. Notons enfin qu'à ce stade évolutif *le plexus choroïde du* 3ᵉ *et du* 4ᵉ *ventricule apparaît sous forme de villosités bien formées.* Quelques noyaux clairs, grands et gonflés, persistent au niveau du plexus diencéphalique de l'individu qui a vécu 3 jours, mais, sauf une richesse plus grande en substance chromatophile, les cellules épithéliales du plexus du 3ᵉ et du 4ᵉ ven-

([5]) *Proceedings Koninkl. Akad. v. Wetenschappen te Amsterdam* (sous presse).

tricule ne se distinguent guère fondamentalement de celles du plexus télencéphalique du même individu.

Des modifications des éléments épithéliaux des plexus choroïdes analogues aux modifications décrites ci-dessus ont été constatées par R. Noël et H. Accoyer ([6]) chez le rat nouveau-né. Ces faits parlent en faveur d'une hypothèse ([7]) qui admet un changement de fonction du plexus lors du passage de l'état intrautérin à l'état extrautérin. Or, le cerveau du rat est au moment de la naissance aussi quelque peu embryonnaire ([8]) (bien que *beaucoup* moins que celui de l'ours). Il serait à examiner si le comportement histologique du plexus choroïde, en particulier de ses éléments épithéliaux, serait en rapport régulier avec l'état plus ou moins embryonnaire du cerveau de l'espèce envisagée, au moment de la naissance.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Observations nouvelles sur des phénomènes biologiques d'oxydation et de réduction.* Note de M. **Jules Wolff**, présentée par M. Maurice Javillier.

J'ai observé un phénomène d'oxydation, notamment de l'orcine ([1]), dû à l'influence combinée des rayons solaires, ou d'une source de lumière blanche (ampoule électrique), et d'une sensibilisatrice contenue dans les plantes vertes et extractible par le benzène ou l'éther de la matière première sèche (pois verts, feuilles de marronnier.) La chlorophylle, le carotène, les xanthophylles ne jouissent pas de cette propriété. Ce travail paraît démontrer l'existence dans la lumière blanche de radiations particulièrement aptes à provoquer l'oxydation. Les rayons jaunes, orangés et rouges sont les plus actifs. Les rayons ultraviolets (lampe à vapeur de mercure) sont sans action. En soustrayant l'orcine oxydée à l'action des rayons solaires par interposition de corps opaques, on observe une réduction très rapide, mais si l'on éloigne aussitôt l'obstacle, une nouvelle oxydation réapparaît.

([6]) *C. R. Soc. Biol.*, **90**, 1924, p. 772 et 1253.

([7]) H. Schmid, *Ztschr. f. mikr.-anatom. Forschung*, **16**, 1929, p. 413.

([8]) Addison, *J. of Compar. Neurology*, **21**, 1911, p. 459.

([1]) L'orcine s'oxyde facilement dans diverses circonstances; j'ai, il y a longtemps, publié mes observations sur ce sujet. *Ann. Inst. Pasteur*, **27**, 1913, n° 7, p. 554, et *Comptes rendus*, **148**, 1909, p. 500 et 948; **149**, 1909, p. 467.

Il y a donc deux phénomènes à considérer : 1° l'oxydation réalisée sous l'influence des radiations jaunes, orangées, rouges et de la sensibilisatrice; 2° la réduction, dont le processus nous échappe, au moins partiellement.

L'oxydation s'observe le mieux en imprégnant du papier à filtre de la solution benzénique. Le benzène s'évapore rapidement et le papier retient la sensibilisatrice. On humecte alors le papier de quelques gouttes d'une solution d'orcine (2 à 4 pour 100). En exposant ce papier humide aux rayons solaires, on le voit rougir, puis passer au rouge brun, au bout de quelques minutes. Si, toutes choses égales d'ailleurs, on opère dans le vide, le papier ne rougit pas. Il faut donc écarter toute idée d'une intervention purement oxydasique, puisque la réaction n'a lieu ni à l'obscurité, ni à la lumière diffuse. La composition du papier joue un rôle important dans nos expériences. Avec du papier ordinaire, dont le pouvoir adsorbant est faible, on n'observe rien. Si l'on a recours à du papier-filtre, comme nous l'avons fait plus haut, le phénomène se manifeste nettement. Avec du papier buvard, la réaction est plus intense et elle peut varier suivant l'origine de ce papier. L'humidité est un facteur indispensable à la réussite des expériences. Dans le phénomène de réduction, la sensibilisatrice n'intervient pas, comme je m'en suis assuré.

Voici, résumée, une série d'expériences faites en juin.

1° Un carré de papier préparé et humide est exposé au soleil. On place au même moment sur celui-ci une pièce de nickel trouée et après 10 minutes, lorsque le papier a rougi, on retire la pièce. On a, alors, la reproduction fidèle de celle-ci sur le papier. La partie découverte est colorée et la partie couverte est restée blanche.

2° On fait agir les rayons solaires sur le papier préparé jusqu'à l'obtention d'une teinte très accusée; on place alors sur ce papier uniformément coloré, la même pièce de nickel. Au bout de 5 à 6 minutes, on retire la pièce et l'on observe le même résultat que plus haut. Tout est réduit, sauf la partie restée exposée au soleil. La réduction se produit également à la lumière diffuse. A l'obscurité elle est plus lente.

3° Si dans l'expérience n° 2, on remplace la pièce de nickel par d'autres métaux de même épaisseur (aluminium, plomb, argent), on obtient les mêmes résultats en ce qui concerne la vitesse du phénomène. D'autres corps opaques (bois, carton, os etc.) agissent de la même façon.

4° Un poids creux en fer est placé sur le papier coloré par oxydation et encore légèrement humide. On expose au soleil pendant un quart d'heure, puis on retire le poids. On constate alors sur le papier la reproduction

fidèle de la partie interne du poids. Les creux sont figurés par une zone moins colorée que les parties restées exposées au soleil et les contours par une zone incolore.

Le phénomène de réduction ou de décoloration est susceptible d'être étendu à d'autres matières colorantes et revêt ainsi un caractère de généralité remarquable.

J'insiste enfin sur ce fait important que les corps opaques ne sont pas indispensables pour que se réalise le phénomène de réduction; on obtient les mêmes résultats à l'aide de fines lamelles de verre, lorsqu'on expose le système soit à la lumière diffuse, soit à celle d'une ampoule électrique, soit à l'obscurité. Une température de 30 à 40°C. favorise sa production. Sa cause initiale semble donc être une action de contact entre deux surfaces planes dont l'une est constituée par le papier coloré et l'autre par l'objet opaque ou transparent placé à sa surface.

SÉROTHÉRAPIE. — *De la sérothérapie antitétanique par voie cutanée.* Note (1) de M. **Alexandre Besredka**, présentée par M. Antonin Gosset.

Dans son rapport à l'Académie de Médecine (14 avril 1931), M. Gosset cite des cas montrant combien les indications de la sérothérapie antitétanique sont parfois déconcertantes.

Il est évident que le problème ne présenterait pas la même acuité si l'on pouvait administrer du sérum de manière à le rendre pratiquement inoffensif.

Nos premières tentatives dans cet ordre d'idées remontent à plus de trente ans (2); elles ont abouti au procédé des injections subintrantes des doses progressivement croissantes. Ce procédé, aujourd'hui universellement adopté, permet de parer au choc anaphylactique immédiat.

Depuis, nous avons essayé, avec plusieurs de nos collaborateurs, de réduire les inconvénients sériques, en substituant aux injections *sous la peau* des applications du sérum *sur la peau*. Rappelons à cet égard nos premières expériences sur le Cobaye, en collaboration avec Nakagawa (3),

(1) Séance du 23 janvier 1939.

(2) *Annales Institut Pasteur*, 21, 1907, p. 950.

(3) *Annales Institut Pasteur*, 41, 1927, p. 607.

confirmées dans la suite par Urbain [4], celles de Bardach [5] sur le Lapin, enfin les expériences récentes de Urbain, Bullier et Nouvel [6] sur le Mouton et le Cheval. Chez tous ces animaux, le sérum antitétanique, appliqué sur la peau, surtout sous forme de crème en friction, n'a pas manqué d'excercer une influence favorable sur le tétanos.

Dans une nouvelle série d'expériences, faite ces temps derniers, nous avons modifié la technique : afin de favoriser davantage la pénétration du sérum dans l'économie, nous l'appliquons maintenant, sous forme de pansements humides, *sur la peau préalablement scarifiée*.

Voici une de ces expériences :

Trois Cobayes fraîchement rasés sont scarifiés sur une petite étendue, puis pansés au sérum antitétanique, dilué à moitié d'eau physiologique.

Deux Cobayes sont pansés dans les mêmes conditions, sans être scarifiés.

Deux Cobayes servent de témoins.

A tous ces Cobayes, 24 heures après l'application des pansements, il est injecté sous la peau, 1/100000e de centimètre cube de toxine tétanique [7], soit une dose légèrement supérieure à la mortelle.

Voici quel fut le résultat de cette expérience : les deux Cobayes témoins ont présenté des symptômes tétaniques fort accusés déjà 48 heures après l'injection; ils sont morts dans la nuit.

Les deux Cobayes, pansés au sérum antitétanique et non scarifiés, sont morts après 3 et 7 jours.

Les trois Cobayes, pansés au sérum après scarification préalable, n'ont pas présenté le moindre symptôme tétanique.

Donc, le sérum antitétanique, appliqué sur la peau rasée et scarifiée, permet aux Cobayes de résister à une dose simplement, mais sûrement mortelle de toxine. Les détails de ces expériences seront décrits dans un autre Recueil.

Si la perméabilité de la peau à l'égard de l'antitoxine est chez l'Homme du même ordre que chez les animaux d'expériences, on aurait intérêt à

---

(4) *Annales Institut Pasteur*, **49**, 1932, p. 103.

(5) *C. R. Soc. Biol.*, **120**, 1935, p. 612.

(6) *C. R. Soc. Biol.*, **121**, 1936, p. 813.

(7) Nous devons la toxine tétanique à l'obligeance de notre collègue Prévot; elle tuait le cobaye de 350^{g}, en injection sous-cutanée, à la dose de 1/150000e de centimètre cube.

employer le sérum antitétanique en pansements là où l'on hésite à s'en servir en injections.

L'emploi local du sérum est justifié par la persistance des spores et des bacilles tétaniques au niveau de la plaie, c'est-à-dire par le caractère local du tétanos au début. La sérothérapie cutanée a l'avantage de pouvoir être mise en œuvre, par le patient ou par son entourage, aussitôt après l'accident, avant l'arrivée du médecin, lequel jugera de l'opportunité de compléter le pansement par une injection sous-cutanée ou intraveineuse de sérum. Enfin, ce traitement assure l'impunité au point de vue du choc anaphylactique, alors même que, pour éviter le tétanos tardif, on serait obligé de de renouveler ces pansements.

La séance est levée à 15h30m.

E. P.

ERRATA.

—

(Séance du 9 janvier 1939.)

Note de M. *Georges Déchêne*, Sur un nouveau type de cellules photoélectriques :

Page 96, ligne 9 en remontant, *au lieu de* 2357 Å, *lire* 2537 Å.

(Séance du 16 janvier 1939.)

Note de M. *Jean Reboul*, Théorie générale de l'action des rayons X sur les éléments biologiques :

Page 230, dernière ligne, et page 231, ligne 2, *au lieu de* $[1 - F(\beta, q)]$, *lire* $[1 - F(\beta_q)]$.

(Séance du 30 janvier 1939.)

Note de M. *Maurice E. Nahmias*, Émission probable de mésotons dans certaines catastrophes nucléaires :

Pages 339 et 340, rétablir comme suit les références bibliographiques : (1) *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 31, 1935, p. 99. — (2) *Proc. Phys. Math. Soc. Jap.*, 17, 1935, p. 48 et suivantes. — (3) Paul Ehrenfest et Fréon, *Journ. de Phys.*, 9, 1938, p. 529.

26. **BOUASSE.** — **Tourbillons donnés par les jets de très petites vitesses (Currentilignes).** In-8 de 102 p., avec 45 figures; 1933 .... **25 fr.**

27. **BOURDIOL.** — **Contribution à l'étude de la viscosité et de la congélation des huiles.** Préface de M. AUBERT. In-8 de 128 pages, avec 33 figures; 1933. **25 fr.**

28. **HARDOUIN (Maurice).** — **Étude des flux d'épuration et de protection du magnésium et de ses alliages pendant leur fusion dans les creusets et leur coulée dans les moules.** Préface de M. R. DE FLEURY. In-8 de 56 pages, avec 18 figures, 14 planches et 6 tableaux; 1933 .... **20 fr.**

29. **VASILESCO (Florin).** — **Sur le calcul du potentiel des vitesses en hydrodynamique.** In-8 de 36 pages; 1933 .... **15 fr.**

30. **ROUSSILHE (H.).** — **Annales de la photographie aérienne (1931-1932).** Tome I. In-8 de 134 pages, avec 3 planches; 1933 .... **25 fr.**

31. **CHAMPSAUR (N.).** — **Mesure de l'étanchéité intérieure des moteurs à explosion. Étude du gommage.** Préface de M. MARTINOT-LAGARDE. In-8 de 70 pages, avec 12 figures et 1 planche; 1933 ... **25 fr.**

32. **CAILLON (André).** — **La fonderie du magnésium.** Préface de M. R. DE FLEURY. In-8 de 150 pages, avec 70 figures; 1933 .... **30 fr.**

33. **BOUHET (Ch.) et LAFONT (R.).** — **Recherches sur l'étalement de l'huile de ricin et de diverses glycérines à la surface de l'eau.** In-8 de 52 pages, avec 31 figures; 1933 .... **18 fr.**

34. **LECOMTE (Jean) et LAMBERT (Pierre).** — **Quelques applications des spectres d'absorption infrarouges à l'étude des constituants des essences (carbures à noyaux).** Préface de M. A. COTTON. In-8 de 142 pages, avec 87 figures et 1 tableau; 1933. **30 fr.**

35. **DURAND (Georges).** — **Sur les petits mouvements d'un système infini de tourbillons autour d'une position d'équilibre.** In-8 de 26 pages; 1933 ... **15 fr.**

36. **VERNOTTE (P.) et BLOUIN (E.).** — **Expériences sur le refroidissement d'un corps chaud par un courant d'air.** Préface de Ch. FABRY. In-8 de 90 pages, avec 6 figures, 3 graphiques et 4 planches; 1933. **25 fr.**

37. **MONNIN (Marcel).** — **Les assemblages de bois.** Tome I. In-8 de 112 pages, avec 42 figures et 3 planches en dépliant; 1933 .... **25 fr.**

38. **BOUTRY (G.-A.).** — **Mesure des densités photographiques par la méthode photoélectrique.** Préface de M. P. FLEURY. In-8 de 148 pages, avec 52 figures; 1934 .... **25 fr.**

39. **CAZAUD.** — **Recherches sur la fatigue des aciers.** Préface de M. A. CAQUOT. In-8 de 166 pages, avec 101 figures et 5 tableaux; 1934 .... **30 fr.**

40. **ROY (Madeleine).** — **Contribution à l'étude du vieillissement de l'huile de ricin.** In-8 de 68 pages, avec 10 figures; 1934 .... **18 fr.**

41. **REBUFFET.** — **Moments aérodynamiques de différents gouvernes.** In-8 de 130 pages, avec 91 figures; 1934 .... **25 fr.**

42. **GIGNEAUX (M.).** — **Recherches sur le capotage des moteurs en étoile à refroidissement par l'air.** In-8 de 56 pages, avec 34 figures; 1934 .... **20 fr.**

43. **CARRIÈRE (E.).** — **Recherches sur les constituants des « Pétroles » et des « Gasoils ». Essai d'établissement d'une méthode d'analyse quantitative.** In-8 de 38 pages, avec 4 courbes; 1934 .... **15 fr.**

44. **FOURNIER (H.).** — **Étude sur les essais d'emboutissage des métaux.** In-8 de 70 pages dont 41 tableaux et 12 planches; 1934 .... **20 fr.**

45. **PARIS (René).** — **Contribution à l'étude des alliages ternaires.** In-8 de 94 pages, avec 59 figures, 26 tableaux et 8 planches; 1934 .... **25 fr.**

46. **BRIAULT (Madeleine).** — **Contribution à l'étude du graissage.** In-8 de 38 pages, avec 6 figures et 15 courbes; 1934 .... **12 fr.**

47. **LE ROLLAND (Paul) et SORIN (Pierre).** — **Étude d'une méthode utilisant le couplage pour la détermination de la résistance mécanique des constructions.** In-8 de 184 pages, avec 49 figures; 1934. **30 fr.**

48. **ROULLEAU (Maurice).** — **Utilisation des substances phosphorescentes en aéronautique.** In-8 de 54 pages, avec 18 figures; 1934 .... **15 fr.**

49. **ESTRADÈRE (Suzanne).** — **Recherches sur l'oxydation des carbures d'hydrogène et ses rapports avec la détonation des moteurs.** In-8 de 86 pages, avec 34 figures; 1934 .... **18 fr.**

50. **SCHÉRER (Maurice).** — **Sur des propriétés magnéto-optiques des liquides. Application à l'analyse des carbures d'hydrogène.** In-8 de 102 pages, avec 24 figures; 1934 .... **20 fr.**

51. **BOUHET et LAMARCHE.** — **Recherches sur l'étalement des composants de l'huile de ricin.** In-8 de 46 pages, avec 30 figures; 1934 .... **18 fr.**

52. **LEPRINCE-RINGUET (L.).** — **Étude et contrôle des huiles de graissage par la mesure des tensions interfaciales huile-eau.** In-8 de 34 pages; 1934. **9 fr.**

53. **GIRERD (H.).** — **Contribution à l'étude expérimentale du biplan d'envergure infinie, première Partie.** In-8 de 140 pages, avec 3 figures et 6 planches; 1934. **25 fr.**

53 *bis*. Deuxième Partie. Album de planches. In-8 de 8 pages avec LXXV planches; 1934 .... **25 fr.**

54. **SCHMITT (Max).** — **Recherches sur la vaporisation des carbures d'hydrogène et des mélanges de carbures.** In-8 de 148 pages, avec 12 figures; 1934. **20 fr.**

55. **LUNTZ (M.).** — **Recherches sur la résistance des fluides dans un mouvement non permanent. Méthode des profils virtuels.** In-8 de 68 pages, avec 16 figures; 1934 .... **15 fr.**

56. **PORTES.** — **Contribution à l'étude expérimentale des interactions d'une sonde et d'un corps de révolution.** In-8 de 110 pages, avec 57 figures; 1934. **18 fr.**

57. **MALAVARD.** — **Application des analogies électriques à la solution de quelques problèmes de l'hydrodynamique.** In-8 de 82 pages, avec 37 figures et XI graphiques; 1934 .... **15 fr.**

58. **OGÉE.** — **Recherches sur la résistance et la fatigue des aciers au carbone.** In-8 de 78 pages, avec 35 figures et 12 reproductions mécanographiques; 1934 .. **15 fr.**

59. **LEMAINS.** — **Recherches sur l'écoulement et les pertes de charge à travers les grilles et les filtres à mailles.** In-8 de 60 pages, avec 39 figures; 1934. **12 fr.**

60. **WORONETZ.** — **Perturbations provoquées dans le mouvement d'un fluide par des variations de la température.** In-8 de 58 pages, avec 9 figures; 1934. **15 fr.**

61. **CHARRIOU.** — **Étude de la sensibilisation chromatique et de la désensibilisation des émulsions photographiques.** In-8 de 240 pages, avec 73 fig.; 1935. **25 fr.**

62. **DURAND et LAÏ-WAÏ-HSUN.** — **Étude de l'oxydation par l'anhydride permanganique des hydrocarbures purs existant dans les essences et autres carburants.** In-8 de 46 pages, avec 5 fig.; 1935. **10 fr.**

63. **BRUN.** — **Phénomènes thermiques provoqués par le déplacement relatif d'un solide dans un fluide.** In-8 de 94 pages, avec 38 figures; 1935 .... **18 fr.**

64. **GOLDOWSKI.** — **Contribution à l'étude de la corrosion.** In-8 de 154 pages, avec 77 figures; 1935. **20 fr.**

65. **SADRON (Ch.).** — **Turbulence et frottement turbulent. Théorie de Karman.** In-8 de 74 pages avec 21 figures; 1935 .... **15 fr.**

MAMAN (André). — **Contribution à l'étude des hexanes et de quelques carbures d'hydrogène.** In-8 de 64 pages avec 11 figures et tableaux; 1935. **12 fr.**

BOUASSE (H.). — **Phénomènes dans les fluides tournants.** In-8 de 234 pages avec 98 fig.; 1935. **25 fr.**

SANTON (Lucien). — **Contribution expérimentale à l'étude des souffleries supersoniques.** In-8 de 96 pages avec 49 figures; 1935........................ **18 fr.**

DONCESCU. — **Détermination des températures de gaz pendant la détente dans les moteurs à explosion.** In-8 de 72 pages avec figures; 1935........... **12 fr.**

ELCHARDUS (Émile). — **Recherches sur l'analyse thermique des alliages ternaires. Application aux alliages magnésium, silicium, zinc, riches en magnésium.** In-8 de 140 pages avec 129 figures; 1935. **20 fr.**

LUNTZ (M.) et SCHWARZ. — **L'hydrodynamique du cylindre tournant.** In-8 de 42 pages avec 40 figures et 16 photographies; 1935.......... **12 fr.**

PORTIER (Henri). — **Les transpositions de matériaux en construction.** In-8 de 166 pages avec 74 figures; 1935........................... **20 fr.**

VALENSI (Jacques). — **Étude de l'écoulement de l'air autour d'une hélice.** In-8 de 258 pages avec 186 figures; 1935........................... **25 fr.**

ALAYRAC (A.). — **Études des écoulements irrotationnels dans l'espace à trois dimensions** (suite des n°s 3 et 13). In-8 de 124 pages; 1935.......... **20 fr.**

DE FLEURY (R.). — **Le magnésium dans les constructions aéronautiques.** In-8 de 120 pages, avec 61 figures; 1935........................... **20 fr.**

DUCHÊNE (Émile). — **Étude expérimentale sur la stabilité transversale des avions.** In-8 de 102 pages, avec 34 figures; 1935...................... **18 fr.**

SERRUYS (M.) et TCHANG TE LOU. — **Influence des caractéristiques atmosphériques sur la puissance des moteurs à explosion.** In-8 de 42 pages, avec 19 figures; 1935....................... **10 fr.**

LAURE (Yvon). — **Contribution à l'étude de l'explosion des mélanges hydrocarburés.** In-8 de 74 pages, avec 45 figures; 1935....................... **15 fr.**

LAFAY. — **Balance aérodynamique permettant le tracé continu des polaires. Effets singuliers produits par de très légères modifications de structure du vent. Contribution expérimentale à l'aérodynamique du cylindre et à l'étude du phénomène de Magnus.** In-8 de 56 pages, avec 18 figures; 1935. **15 fr.**

GRANIER (J.). — **Recherches sur les propriétés diélectriques du caoutchouc.** In-8 de 62 pages, avec 25 figures; 1935....................... **12 fr.**

GIRARD (A.). — **Les constituants de la rouille.** In-8 de 80 pages avec 49 figures.................. **15 fr.**

COLOMBIER (L.). — **L'état passif des métaux. Étude de la passivité du nickel.** In-8 de 104 pages avec 11 figures; 1936....................... **15 fr.**

DELFOSSE (M.). — **Sur le couple des roulements à billes.** In-8 de 72 pages avec 35 fig.; 1936.. **12 fr.**

NICOLSKY (V.-A.). — **Recherche des contraintes dans les poutres de hauteur variable.** In-8 de 62 pages avec 24 figures; 1936............... **10 fr.**

5. **Mlle L. DOUSSIN et Fernand FOURNIER.** — **Observations sur le laminage des alliages magnésium-aluminium.** In-8 de 26 pages avec 15 figures et 12 planches; 1936....................... **12 fr.**

3. **NÉNADOVITCH (Miroslav).** — **Recherches sur les cellules biplanes rigides d'envergure infinie.** In-8 110 pages avec 65 figures et 146 planches; 1936. **25 fr.**

87. **DEMONTIS (Jean).** — **Recherches sur l'influence de l'angle d'ouverture d'un ajustage divergent, sur l'écoulement à deux dimensions de l'air à travers cet ajustage.** In-8 de 72 pages, avec 35 figures; 1936.............................. **12 fr.**

88. **GRARD (Jean).** — **Enduits cellulosiques pour toiles d'avions.** In-8 de 22 pages, avec 8 figures; 1936. **6 fr.**

89. **BLONDEL (Robert).** — **Étude du système antimoine-étain-zinc et contribution à l'étude des antifrictions à base de zinc.** In-8 de 86 pages, avec 48 figures et 2 planches; 1936.......................... **15 fr.**

90. **CHARRON (Fernand).** — **Électromètre. Plan-sphère à suspension bifilaire.** In-8 de 20 pages, avec 6 figures; 1936.................................. **6 fr.**

91. **PROT et GOLDOWSKI.** — **Étude de la susceptibilité corrosive des métaux par la méthode coloriscopique et par la méthode des éprouvettes minces.** In-8 de 56 pages, avec 33 figures; 1936....... **12 fr.**

92. **SACKMANN (Louis).** — **L'écoulement des fluides au voisinage des points singuliers des obstacles.** In-8 de 108 pages, avec 53 figures; 1936...... **18 fr.**

93. **HÉRENGUEL (Jean).** — **Sublimation et distillation du magnésium et du calcium.** In-8 de 70 pages, avec 25 figures et 2 planches; 1936.......... **12 fr.**

94. **DUCHÊNE (P.).** — **Étude expérimentale de la combustion dans les moteurs à injections.** In-8 de 22 pages, avec 13 figures; 1936............... **6 fr.**

95 **CRAUSSE (E.).** — **Contribution à l'étude expérimentale de phénomènes transitoires et de phénomènes périodiques se produisant dans les liquides en mouvement.** In-8 de 112 pages, avec 53 figures; 1959.................................... **15 fr.**

96. **LABARTHE (André).** — **Nouvelles Méthodes de Mesures Mécaniques.** Préface de M. BÉGHIN In-8 de 276 pages, avec 283 figures; 1936......... **25 fr.**

97. **TCHANG TE LOU.** — **Contribution à l'étude de l'allumage et de la combustion dans les Moteurs à explosion.** In-8 de 136 p., avec 36 fig.; 1936. **18 fr.**

98. **BAUBIAC (J.).** — **Étude expérimentale en régime transitoire du sillage et de la résistance des corps immergés.** In-8 de 100 p., avec 45 fig.; 1936. **15 fr.**

99. **ANDANT (A.).** — **Application de la spectrographie Raman à l'Analyse des essences minérales.** In-8 de 70 pages, avec 27 figures; 1936............ **15 fr.**

100. **SCHWARZ (P.).** — **Recherches sur les tourbillons alternés.** In-8 de 142 p., avec 58 fig.; 1937... **20 fr.**

101. **ESTRADÈRE.** — **Étude thermique de l'Oxydation lente des Carbures d'hydrogène.** In-8 de 66 pages, avec 43 figures; 1937....................... **12 fr.**

102. **ROCARD et MORLON.** — **Étude de Silencieux pour Moteurs d'Aviation.** In-8 de 42 pages, avec 16 figures; 1937........................... **10 fr.**

103. **SERRUYS.** — **La Combustion détonante dans les Moteurs à explosion.** In-8 de 232 pages, avec 122 figures; 1937.......................... **25 fr.**

104. **LEDOUX.** — **Procédés pratiques de mesures précises de la vitesse de diffusion des gaz à travers les membranes.** In-8 de 68 p., avec 16 fig.; 1937. **15 fr.**

105. **TRICHÉ.** — **Application de l'Analyse spectrographique à l'étude des alliages.** In-8 de 76 pages, avec 29 figures; 1937...................... **12 fr.**

106. **SUPPER.** — **Photoélasticimétrie et apsidométrie.** In-8 de 72 pages, avec 48 figures; 1937...... **12 fr.**

107. **ROULLEAU.** — **Action des basses températures rencontrées en photographie aérienne sur la sensibilité des émulsions.** In-8 de 92 pages, avec 54 figures; 1937......................... **15 fr.**

108. **RIABOUCHINSKY (D.). — Améliorations des qualités aérodynamiques des profils d'aile à grandes vitesses.** In-8 de 138 pages, avec 96 fig., 7 vues stérioscopiques et 7 planches; 1937 .... **20 fr.**

109. **ROSSIGNOL (J.). — Recherches de la forme d'équilibre de deux tourbillons cylindriques.** In-8 de 58 pages; 1937 .... **10 fr.**

110. **VAGNER. — Résistance des sphères en mouvement accéléré dans un fluide.** In-8 de 132 pages, avec 52 fig.; 1937 .... **15 fr.**

111. **A. FORTIER. — Contribution à l'étude de la viscosité de l'air et des gaz.** In-8 de 82 pages, avec 25 figures; 1937 .... **15 fr.**

112. **BRUN (Edmond). — Phénomènes thermiques provoqués par le déplacement relatif d'un solide dans un fluide** (suite de la Publication N° 63). In-8 de 38 pages, avec 15 figures; 1937 .... **10 fr.**

113. **CHARRON (Fernand). — Perfectionnements à l'électromètre bifilaire pour haute tension.** In-8 de 17 pages, avec 5 figures; 1937 .... **6 fr.**

114. **CHARTIER (Charles). — Chronophotogrammétrie plane et stéréoscopique.** In-8 de 192 p., 118 fig., 95 pl. et 18 reproductions photographiques; 1937 ... **25 fr.**

115. **SERRUYS (Max). — Étude expérimentale de l'allumage par point chaud dans les moteurs à explosion.** In-8 de 52 p., avec 47 fig.; 1937.. **10 fr.**

116. **CHARRIOU (A.) et VALETTE (Suzanne). — Films indéformables pour la photographie aérienne.** In-8 de 110 pages, avec 37 figures; 1937..... **20 fr.**

117. **CAPELLE (Jean). — Étude de la Génération des engrenages par la méthode des roulettes.** In-8 de 138 pages, avec 107 figures; 1938 .... **18 fr.**

118. **RIABOUCHINSKY. — Contribution à l'étude des hélices.** In-8 de 130 pages, avec 110 figures et 16 planches; 1938 .... **25 fr.**

119. **BRUN (E.). — Répartition des températures sur une aile d'avion. Application aux phénomènes de givrage.** In-8 de 54 pages, avec 44 figures; 1938. **12 fr.**

120. **RAVILLY (E.). — Contribution à l'étude de la rupture des fils métalliques soumis à des torsions alternées.** In-8 de 198 pages, avec 95 figures; 1938 .... **30 fr.**

121. **LABAT (J.). — Applications aérodynamiques de la méthode de chronophotogrammétrie plane.** In-8 de 106 pages, avec 33 figures et 27 photographies; 1938 .... **20 fr.**

122. **CHAILLOUX (Mlle). — Le module d'élasticité des alliages légers et sa variation avec la température.** In-8 de 28 pages, avec 7 figures; 1938.... **8 fr.**

123. **SILBER (R.). — Étude de l'adaptation et du fonctionnement de l'ensemble : Planeur-Moteur-Propulseur.** In-8 de V-322 pages, avec 216 figures; 1938 .... **40 fr.**

124. **CHARRIOU (A.) et Mlle S. VALETTE. — Recherches sur la gélatine photographique.** In-8 de 62 pages, avec 20 figures; 1938 .... **12 fr.**

125. **COSTE (H.). — Étude générale sur les segments de moteurs.** In-8 de 102 pages, avec 62 figures; 1938 .... **20 fr.**

126. **SILBER (R.). — Étude expérimentale d'une maquette d'avion complet.** In-8 de 196 pages, avec 157 figures; 1938 .... **28 fr.**

127. **CAMICHEL (C.) et ESCANDE (L.). — Similitude hydrodynamique et technique des modèles réduits.** In-8 de III-368 pages, avec 416 figures; 1938. **50 fr.**

128. **VALENSI (Jacques). — Application de la méthode des filets de fumée à l'étude des champs aérodynamiques (maquettes d'avions, ailes d'avions).** **30 fr.**

129. **GRARD (Jean). — Vieillissement artificiel et naturel des enduits acétocellulosiques pour toiles d'avions.** **12 fr.**

130. **CAILLON (André). — La fusion industrielle du magnésium et ses moulages en sable.....** **30 fr.**

131. **CHARRON (Fernand). — Recherches sur un procédé de détermination de l'onctuosité des lubrifiants** .... **10 fr.**

132. **PESCHARD (Marcel). — Mémoire sur l'énergie d'activation des hydrocarbures et l'indice d'octane.** **12 fr.**

133. **HABREKORN (R.). — Étude sur la mesure de la souplesse des vernis pour métaux........** **12 fr.**

N. B. — Les publications du Ministère de l'Air ne sont fournies qu'en compte ferme. Aucun retour ne pourra être accepté.

Collection des Publications du Ministère de l'Air *(suite)*

BULLETINS TECHNIQUES DU MINISTÈRE DE L'AIR

Fascicules In-4 (31×21) se vendant séparément :

. **ALAYRAC (le Commandant). — L'atmosphère Standard du Service technique**............ **12 fr.**

. **ROBERT (le Lieutenant-Colonel). — Aérodynamique. Recherches expérimentales (Fascicule I : *Profils d'ailes*)**........................... ***(Épuisé.)***

. **GRARD (le Colonel). — L'unification et les produits Standards dans la mobilisation industrielle de l'Aéronautique**............ **15 fr.**

. **RIABOUCHINSKY (D.). — Aperçus théoriques sur la Mécanique des fluides**.................. **25 fr.**

. **ROBERT. — Aérodynamique. Recherches expérimentales** (Fascicule III : *Profils d'ailes. Maquettes d'avions et hydravions*)........................ **25 fr.**

. **ALAYRAC (le Lieutenant-Colonel). — Étude théorique du vol plané dans une atmosphère en mouvement**.................................... **20 fr.**

. **ROBERT. — Aérodynamique. Recherches expérimentales** (Fascicule IV : *Résistance à l'avancement de fils métalliques fuselés*)........................ **20 fr.**

. **HUGUENARD (E.), MAGNAN (A.) et PLANIOL (A.). — Les appareils à fils chauds, leur application à l'étude des mouvements atmosphériques.** ***(Épuisé.)***

. **BEYNE**, Médecin principal; **MAZER**, Ingénieur, et **GRENIER (M.). — Inhalation d'oxygène pour le vol à haute altitude**.................... ***(Épuisé.)***

. **WACHE. — Contribution à l'étude de la dissolution de l'aluminium et de ses alliages dans les acides**.................................... **15 fr.**

. **ALAYRAC**, Ingénieur en chef H. C. de l'Aéronautique. **— Étude théorique du vol par battements. 15 fr.**

. **LAPRESLE (A.). — Études expérimentales des voilures tournantes**........................ **15 fr.**

. **LAPRESLE. — Contribution à l'étude expérimentale du champ aérodynamique autour d'un profil sustentateur**.............................. **25 fr.**

. **FRANK. — La traversée aérienne de l'Atlantique Nord**.. **20 fr.**

. **ROCARD et ROTHSCHILD (de). — Rôle de la lumière diffusée par l'atmosphère dans la visibilité**.................................... **20 fr.**

. **HUGUENARD (E.), PLANIOL (A.) et MAGNAN (A.). — Étude sur les manographes et les indicateurs de pression**.......................... **15 fr.**

. **PRIS. — Recherches expérimentales sur la théorie des surfaces portantes. Récupération de l'énergie tourbillonnaire**........................... ***(Epuisé.)***

. **HUGUENARD (E.), PLANIOL (A.) et MAGNAN (A.). — Étude sur les accélérations et les vitesses angulaires du vent naturel**................ **15 fr.**

. **ETEVÉ. — Amélioration du rendement des moteurs à explosion**.............................. **15 fr.**

. **FRAICHET (L.). — Détermination rationnelle des éléments d'un filetage**.................. **15 fr.**

. **LECŒUVRE et CAZAUD. — Recherches métallographiques sur l'aluminium et ses alliages. 30 fr.**

. **LEYGUES (le Lieutenant). — Études sur les hélices métalliques**............................ ***(Épuisé.)***

. **DUCHÈNE (R.). — Contribution à l'étude des déflagrations dans les mélanges carburés gazeux. 18 fr.**

. **LEROUX (E.). — Note sur l'adaptation des hélices aériennes. L'action de l'hélice dans le vol piqué des avions**.............................. **15 fr.**

56. **SABATIER (J.). — Étude sur les moyens d'éviter les incendies à bord des avions**................ **15 fr.**

57. **STAPFER (P.). — Analyse des expériences aérodynamiques faites en vol à bord du dirigeable « Méditerranée »**................................ **25 fr.**

58. **MAGNAN (A.).—Étude de théorie du poisson. 75 fr.**

59. **BRISSOT (A.). — Étude sur les longueurs de roulement au décollage et à l'atterrissage des avions. *(Ep.)***

60. **LEDUC (R.). — Contribution à l'étude des poutres prismatiques**.............................. **30 fr.**

61. **FRAICHET. — Erreurs de mesures. Erreurs et tolérances de fabrication des calibres. Interchangeabilité des pièces filetées**................ **20 fr.**

62. **MAGNAN (A.). — Détermination expérimentale des polaires d'avions en vol**..................... **30 fr.**

63. **DUPONT. — Application des tourbillons conjugués à l'aérodynamique du cercle et des profils. Construction de profils d'ailes. Mesure des pressions de section médiane d'une aile**................ **40 fr.**

64. **AMIEL (J.), GHEORGHIU (T. D.) et ANDANT (A.). — Oxydation du benzène. Absorption des spectres visibles de quelques huiles minérales. Spectres d'absorption ultraviolets de quelques carbures d'hydrogène**............................... **25 fr.**

65. **LANDWERLIN (H.) et SUARD (L.). — Essais et calculs des roues et des organes amortisseurs. 20 fr.**

66. **LAPRESLES (A.). — Girouette aérodynamique et stabilité de forme des planeurs**............ **35 fr.**

67. **RIABOUCHINSKY (D.). — Aperçus théoriques sur la Mécanique des fluides**................ **30 fr.**

68. **CAZAUD. — Recherches sur la fatigue des métaux**.. **25 fr.**

69. **MAGNAN (A.) et SAINTE-LAGÜE (A.). — Hodographes et polaires d'avions**............... **30 fr.**

70. **FRAICHET (L.). — Interchangeabilité des pièces filetées**.................................. **15 fr.**

71. **MAGNAN (A.). — Résistance à l'avancement et puissance des poissons**.................... **50 fr.**

72. **PROT (Marcel). — Contribution à l'étude expérimentale des forces électromotrices de dissolution**.. **40 fr.**

73. **HUGUENARD (E.), PLANIOL (A.) et MAGNAN (A.). — Appareils pour la mesure des phénomènes atmosphériques**........................... **25 fr.**

74. **MAGNAN (A.). — Le vol des oiseaux et le vol des avions**.................................... **120 fr.**

75. **CHAMPSAUR (N.). — Mesure des quantités de chaleur évacuées par l'eau et par l'huile dans les moteurs d'aviation**.............................. **45 fr.**

76. **DAVIOT, SCHNERB et BASTIEN. — Théorie** succincte de la navigation aérienne........ **8 fr.**

77. **DUPONT (Paul).** — Contribution à l'étude du vol en atmosphère agitée. Texte............... **20 fr.**
Atlas de 41 planches....................... **80 fr.**

78. **MIRLES (A.).** — Contribution à l'étude du givrage. **15 fr.**

79. **CHARRIOU (A.) et Mlle S. VALETTE. — Observation rapide de négatifs en photographie aérienne. 12 fr.**

B.— Les publications du Ministère de l'Air ne sont fournies qu'en compte ferme. Aucun retour ne pourra être accepté.

N° 6.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 6 Février 1939).

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CORRESPONDANCE.

N° 6.

TABLE DES ARTICLES (*suite*).

CORRESPONDANCE (*suite*).

1939

PREMIER SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS

TOME 208

N° 7 (13 Février 1939).



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55

—

1939

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LA SÉANCE DU 13 JUILLET 1835
ET MODIFIÉ DANS LES SÉANCES DES 24 FÉVRIER 1840, 23 JUIN 1862, 24 MAI 1875, 8 JUIN 1925.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y deux volumes par année.

ARTICLE 1. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus *quatre* pages par numéro.

Un membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de *dix* Notes par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les *dix* Notes accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus *trois* pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de *huit* Notes par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne porte en rien préjudice au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de la discussion.

Les Rapports relatifs aux prix décernés ne sont imprimés dans les *Comptes rendus* qu'autant qu[e] l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en séanc[e] publique ne font pas partie des *Comptes rendus.*

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savant[s] étrangers à l'Académie.*

Les Notes des personnes qui ne sont pas Membres o[u] Correspondants de l'Académie ne peuvent pas dépasse[r] *deux* pages *et demie*. Le nombre des Notes d'u[n] même auteur ne peut être supérieur à *cinq* par année.

Les Membres qui présentent ces Mémoires son[t] tenus de les réduire au nombre de pages requis. L[e] Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrai[t] autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le fon[t] pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remi[s] à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Des figures ne pourraient être exceptionnellemen[t] autorisées que si elles étaient déposées sur le Bureau en même temps que la Note présentée. L'espace occupé par ces figures compte alors pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais de[s] auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapport[s] et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrativ[e] fait un rapport sur la situation des *Comptes rendu[s]* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

NOTA. — *La page comprend* 38 *lignes de* 67 *lettres ou intervalles.*

AVIS AUX AUTEURS

Les références bibliographiques des Notes destinées aux *Comptes rendus* doivent être aussi complètes que possible e[t] comprendre, par exemple pour les Périodiques, l'indication du tome, de l'année et de la page.
(*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1057.)

Les auteurs qui ne se conformeront pas à cette règle seront exposés à voir leurs Notes retardées jusqu'à ce que les indications jugées nécessaires et signalées *sur les épreuves* aient été fournies.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont prié[s]

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 FÉVRIER 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès, survenu à Montpellier, le 11 février 1939, de M. **Marcel Godchot**, Doyen de la Faculté des Sciences, Correspondant pour la Section de Chimie.

M. **Alfred Lacroix** (¹) dépose sur le bureau un Supplément à son Ouvrage sur le *Volcan actif de l'île de la Réunion* (²), dont il est question dans une Note insérée, le mois dernier, à la page 58 de ces *Comptes rendus*.

Parmi les planches de cette plaquette se trouve la reproduction de photographies faites d'avion qui permettent de se rendre compte de l'intérêt des phénomènes en voie d'évolution dans ce volcan.

Un chapitre est consacré au Karthala, le volcan actif de la Grande-Comore. La structure et l'origine de sa caldeira terminale sont comparables à celles du Piton de la Fournaise, avec cette réserve qu'elle ne renferme pas de piton central ; ses hautes falaises enserrent un champ presque horizontal de laves basaltiques : celui-ci est creusé de deux cratères-citernes semblables à celui en voie de formation à la Réunion, mais ils ont été formés par un mécanisme tout différent. La description de la dernière éruption de ce volcan (août 1918) montre, en effet, que l'un des cratères a été ouvert et l'autre agrandi par de violentes explosions ultravulca-

---

(1) Séance du 6 février 1939.

(2) *Le Volcan actif de l'île de la Réunion* (*Supplément*) *et celui de la Grande Comore*, Paris, 1938, 57 pages et 17 planches phot.

niennes, qui ont suivi un épanchement de laves très fluides, émises non par l'appareil terminal, mais par une fente ouverte dans le flanc nord de la montagne, à l'altitude de 1980^m, alors que le sommet de celle-ci se dresse à 2560^m.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la composition chimique des tumeurs bactériennes de* Pelargonium zonale *et des tissus aux dépens desquels elles se développent*. Note de MM. **Antonin Gosset**, **Arakel Tchakirian** et **Joseph Magrou**.

Nous avons entrepris d'étudier la composition en éléments des tumeurs du *Pelargonium zonale*, provoquées par inoculation du *Bacterium tumefaciens* (souche Houblon) et de rechercher par quelles différences elle se distingue de celle des tissus sains.

A cet effet nous avons déterminé, à différentes époques de l'année, dans les tumeurs, les tiges et les feuilles, les poids de certains éléments constitutifs, rapportés à cent grammes de cendres. Grâce à la répétition des essais, nous espérons avoir éliminé les erreurs faciles à commettre dans ces déterminations extrêmement délicates. L'étude a porté sur les corps suivants : eau, silice, phosphore, fer, aluminium, calcium, magnésium, sodium et potassium.

Les inoculations de *Bacterium tumefaciens* ont été faites, dans les tiges, le 28 février 1935. Les tissus, tant normaux que pathologiques, ont été récoltés respectivement le 23 mai 1935 (tumeurs jeunes), le 3 juillet 1935 (tumeurs plus développées) et le 15 août 1935 (tumeurs en voie de nécrose).

L'analyse a été conduite de la façon suivante : après avoir séparé la partie aérienne de la plante de sa racine, on la débarrasse soigneusement des poussières en la brossant. On sépare les tumeurs, les tiges et les feuilles. On les pèse immédiatement, pour déterminer leurs poids à l'état frais. Toutes ces opérations doivent être effectuées à la main, sans le secours d'instruments tranchants. Chaque essai a porté sur 30 à 50 grammes de chacune des parties de la plante étudiée (tumeur, tige, feuille), poids fourni, suivant les cas, par quinze à vingt pieds de *Pelargonium*.

La teneur en eau des tumeurs, des tiges et des feuilles est déterminée par la variation de poids à l'étuve à 100°.

L'incinération, effectuée à basse température dans un creuset de platine, donne le poids des cendres.

Après attaque par ClH, la silice non attaquée est séparée par filtration, et les traces restant en solution sont éliminées par insolubilisation chlorhydrique.

On détermine le fer, l'aluminium, le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium et le phosphore sur une partie aliquote (25^{cm^3}) de la solution filtrée et amenée préalablement à volume connu (100^{cm^3}).

On a tout d'abord précipité les phosphates d'aluminium et de fer par addition d'acétate d'ammonium. Après séparation du précipité, on le redissout dans ClH, et le fer est dosé gravimétriquement à l'aide du cupferon. L'alumine est ensuite précipitée par l'ammoniaque dans la liqueur filtrée, après extraction de l'excès de cupferon au chloroforme.

Le filtrat acétique, traité par l'oxalate d'ammonium, laisse précipiter le calcium à l'état d'oxalate.

Après séparation de l'oxalate de calcium, la solution acétique est évaporée à siccité au bain-marie et le résidu est calciné. Le résidu est repris par l'eau acidulée par ClH, filtré et lavé.

Opérant sur le filtrat, on détermine, suivant la prise, le magnésium ou le phosphore [1] à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien. Ceci, en effectuant, dans le premier cas, la précipitation par le phosphate d'ammonium et, dans le second, par la liqueur magnésienne.

Pour doser dans la liqueur filtrée le potassium et le sodium, il est nécessaire d'éliminer préalablement les phosphates par la liqueur magnésienne, le magnésium par l'oxyquinoléine, l'ion sulfurique par la benzidine et les sels ammoniacaux par calcination. Finalement, le résidu repris par $H^2O + ClH$ est filtré. La liqueur chlorhydrique est évaporée. Le résidu est calciné dans une capsule de platine tarée. La pesée donne le poids des chlorures alcalins ($ClNa + ClK$).

Le dosage du potassium est effectué par précipitation à l'état de perchlorate. On obtient le poids de sodium en retranchant le poids du chlorure de potassium de celui des chlorures alcalins.

---

(1) Le chiffre trouvé pour le phosphore doit être considéré comme une limite inférieure. Il est, en effet, bien connu que les pertes en cet élément à la calcination peuvent atteindre de 0,6 à 6 pour 100.

Tableau comparatif des teneurs en eau et des poids de cendres des tumeurs, des tiges et des feuilles à trois époques de leur existence.

(Teneurs pour 100 de substance fraîche.)

	Eau.			Cendres.		
	I.	II.	III.	I.	II.	III.
Tumeurs	87,3	86,6	88,2	1,94	1,96	2,09
Tiges	85,7	86,1	85,6	1,89	1,80	2,06
Feuilles	86,1	85,4	81,8	1,88	1,25	2,16

(Teneurs pour 100 de cendres.)

	SiO^2.			Fe.			Al.			Ca.		
	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.
Tumeurs	0,94	0,91	0,89	0,19	0,16	0,11	0,02	0,08	0,06	10,2	10,4	11,0
Tiges	2,87	1,66	1,25	0,28	0,15	0,31	0,02	0,11	0,06	23,3	25,9	22,0
Feuilles	14,12	12,8	9,38	1,6	1,6	1,6	0,17	0,47	0,38	16,3	18,6	23,0

	Mg.			Na.			K.			P.		
	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.
Tumeurs	1,9	1,8	1,8	4,7	1,1	1,6	35,1	37,7	36,6	2,9	2,6	3,6
Tiges	2,4	2,2	2,1	3,5	1,2	3,7	22,0	17,7	19,7	1,4	0,6	1,4
Feuilles	3,5	2,5	2,6	3,5	2,0	1,8	23,3	26,2	16,9	2,5	1,2	1,8

[I, 23 mai 1935; II, 3 juillet 1935; III, 15 août 1935.]

Ces résultats permettent d'établir la comparaison suivante entre la composition des tumeurs et celle des tiges normales aux dépens desquelles elles se sont développées.

En ce qui concerne la teneur en eau et en cendres, les différences sont peu importantes entre les tumeurs, les tiges et les feuilles.

Les teneurs en potassium et en phosphore sont nettement plus élevées dans les tumeurs que dans les tiges. Tandis que les teneurs en silice, en calcium et en magnésium sont plus faibles dans les tumeurs que dans les tiges. Les variations irrégulières des teneurs en fer, en aluminium et en sodium ne permettent pas de tirer de conclusion. Quant aux tissus foliaires, ils se distinguent par leur teneur élevée en silice.

Ces résultats, obtenus avec les tumeurs cancéreuses dues au *Bacterium tumefaciens*, sont en accord parfait avec ceux de M. M. Molliard (²) et de MM. L. Verrier et F. Löw (³) sur les galles. En effet ces auteurs, ayant

(²) *Revue générale de Botanique*, 25, 1913, p. 225, 285 et 341.
(³) *C. R. Soc. Biol.*, Paris, 127, 1938, p. 1401.

étudié la composition chimique de différentes galles, ont retrouvé pour les éléments précités les mêmes variations.

M. M. Molliard, ayant retrouvé, dans les fruits et dans les feuilles panachées, les mêmes particularités que dans les galles, fait ressortir la corrélation qui existe entre la disparition de la chlorophylle et la composition chimique des différentes sortes d'organes considérés.

Signalons enfin que M. Berthelot et Mlle Amoureux (¹) ont observé, chez la Betterave inoculée par le *B. tumefaciens* (souche *Chrysanthemum frutescens*) une teneur en potassium plus élevée dans les tumeurs que dans les tissus sains.

On sait que les mêmes caractères se retrouvent dans les tumeurs cancéreuses des animaux. On peut en conclure que, dans les deux règnes, la composition chimique des néoplasmes se distingue par des variations de même sens dans la teneur de certains éléments.

Doit-on attribuer l'apparition de la tumeur à ce changement de composition chimique, ou faut-il considérer la modification de la composition des tissus en éléments minéraux, comme une conséquence du développement de la tumeur? Rien ne permet actuellement de conclure sur ce point.

PATHOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur la* dysphylaxie *hépato-rénale dans ses rapports avec l'infection colibacillaire.* Note de M. **Hyacinthe Vincent.**

De nombreux travaux ont démontré que le foie remplit une fonction antitoxique. On a attribué aussi à cet organe une influence protectrice analogue à l'égard des infections microbiennes (Sherrington, Ostrowski, H. Roger etc.). Mais cette dernière propriété paraît être limitée, car de nombreux agents pathogènes sont capables de s'installer et de proliférer dans le foie et dans l'appareil biliaire. Certains, même, s'y multiplient avec prédilection.

L'appareil urinaire (reins, uretères, vessie) présente également une réceptivité particulière pour de nombreuses infections.

Il en est une contre laquelle les reins et le foie, ainsi que leurs organes excréteurs, se défendent plus mal encore et qui, pour cette raison, se mani-

(¹) *C. R. Soc. Biol.,* Paris, 123, 1936, p. 942.

feste chez eux avec une fréquence très grande : c'est l'infection colibacillaire. Je voudrais en exposer les raisons.

La réceptivité hépato-rénale pour le *B. Coli* (cette réceptivité s'applique aussi, il va sans dire, aux canaux et aux réservoirs biliaires et urinaires) se traduit, tout d'abord, par la prépondérance de ce bacille dans les maladies bactériennes du foie et des reins. Le Colibacille conditionne, en effet, 75 à 80 pour 100 de leurs diverses infections. Il peut envahir leur parenchyme et donner lieu à un syndrome semblable à l'atrophie jaune aiguë ([1]), ainsi qu'à des néphrites très graves, notamment chez les nourrissons.

Très communément, enfin, ayant envahi le sang, et, avec lui, le foie et les reins, le *B. Coli* s'installe ensuite à demeure dans la vésicule biliaire, ainsi que dans les glomérules, les canalicules urinifères, les bassinets et la vessie, et continue à y proliférer pendant de nombreuses années ou même, parfois, pendant la durée de l'existence du malade.

De même, après la guérison complète et bactériologiquement vérifiée de l'infection rénale par le *B. Coli*, ce microbe peut s'ensemencer de nouveau dans le rein et être retrouvé en abondance dans l'urine ([2]). L'immunité rénale, fortement acquise, n'est donc ni certaine, ni définitive.

Or, chez ces malades ainsi infectés à l'état chronique ou réinfectés après guérison, le bacille a disparu du sang et la réaction de fixation du complément est positive avec ce dernier à la dilution de 1/100e.

A l'immunité générale ne répond pas toujours, en conséquence, l'immunité locale, réno-vésicale ou hépato-biliaire. Le *B. Coli* qui ne peut plus vivre dans le sang, les humeurs, les séreuses, les tissus des malades guéris, peut donc, non seulement subsister, mais encore se reproduire sans limites, en certaines régions déterminées de l'organisme qui sont, pour lui, des lieux de moindre résistance.

Il peut être utile d'étudier quelle est la raison de cette insuffisante défense locale que j'appelle *dysphylaxie*, et qui est propre au foie, aux reins et à leurs appareils excréteurs.

On prélève du sang chez un malade guéri, depuis deux semaines, d'une septicémie colibacillaire. On chauffe son sérum à 55° et on l'additionne

---

([1]) H. VINCENT, *C. R. Soc. Biol.*, 9e série, 5, 1893, p. 463. Le foie peut être également le siège d'abcès à colibacilles (H. Vincent).

([2]) A une deuxième guérison complète de colibacillose urinaire peut succéder une troisième infection de même nature, ainsi que j'en ai vu des exemples.

d'alexine. Le mélange lyse le *B. Coli* à 38° en 2 heures. Même constatation avec le sérum d'un lapin fortement vacciné. Dans les deux cas, le sang est donc riche en anticorps spécifiques.

Or, la recherche de la sensibilisatrice dans l'urine du même malade guéri est négative. En outre, neutralisée et filtrée, cette urine constitue même un milieu favorable à la culture du *B. Coli*. Additionnée d'alexine, elle donne une culture plus riche encore. Même résultat avec l'urine d'un malade guéri, depuis un mois, d'une colibacillose urinaire.

En conséquence, si, chez les malades guéris d'une infection colibacillaire générale ou locale, les reins, les bassinets et la vessie sont susceptibles d'être réinfectés par le même bacille et s'ils n'opposent aucun obstacle à son retour, c'est parce que les anticorps spécifiques existant dans le sang sont arrêtés au passage par l'appareil filtrant du rein.

La persistance ou le retour du *Bacillus Coli* dans l'urine des malades pourraient s'interpréter par l'existence d'une substance antagoniste, anti-sensibilisatrice, présente dans la même urine. Cette hypothèse n'a pas été vérifiée. En effet l'urine de tels malades n'a pas neutralisé *in vitro* ni *in vivo* l'activité d'un sérum expérimental anticolibacillaire.

Les expériences qui précèdent ont été reproduites avec la bile diluée à 1/200° et avec l'urine (neutralisée et filtrée) également diluée à 1/50° d'un lapin lentement vacciné contre le *B. Coli* (cet animal est assez sensible au bacille et à ses toxines). La bile et l'urine n'ont pas manifesté de pouvoir antifixateur.

D'autre part le *B. Coli* se multiplie bien dans ces liquides de sécrétion, en particulier dans l'urine neutralisée.

En conclusion, on peut considérer que la végétation et l'entretien du Colibacille dans la bile et dans l'urine de l'homme immunisé par une infection générale ou locale antérieure, sont rendus possibles par l'absence (ou la rareté extrême et, dans ce cas, la non-persistance) de l'ambocepteur spécifique dans ces sécrétions. Présents dans le sang, les anticorps, de nature colloïdale, ne parviennent pas dans les conduits ni dans les réservoirs biliaire ou urinaire, parce qu'ils sont arrêtés au passage par les cellules du lobule sécréteur hépatique ou, dans le rein, par l'épithélium de l'appareil sécréteur de l'urine.

Il importe de noter spécialement que la bile et l'urine humaines, qui sont constamment renouvelées, sont l'une et l'autre des milieux assez favorables à la culture du *B. Coli*. Ce dernier peut donc se multiplier sans obstacle dans ces sécrétions dépourvues d'anticorps spécifiques.

Il convient de faire une autre remarque. La dysphylaxie hépato-rénale n'est pas limitée, quant à ses effets, au seul Colibacille. Elle se manifeste encore, chez l'homme et, expérimentalement, chez le Cobaye et le Lapin, à l'égard des autres microorganismes appartenant au groupe Coli-typhique, en particulier des bacilles paratyphiques A et B. Tous ces microbes possèdent, cependant, un caractère antigène marqué.

Une telle constatation permet d'expliquer, ainsi que je l'ai démontré autrefois, l'existence des *porteurs de germes* typhoïdiques, dont la fréquence est si grande. Cet état relève de la même pathogénie.

Ces faits méritent d'être signalés, car ils éclairent les raisons de la longue persistance ou du retour de certaines infections locales. S'agissant d'agents infectieux apparentés à la même famille microbienne, ils comportent une conclusion uniforme qui offre les caractères d'une véritable loi.

GÉODÉSIE. — *L'isostasie et les anomalies positives de la gravité en certains massifs montagneux et en particulier dans la chaîne de Zambalès.* Note (1) de M. **Pierre Lejay**.

Nous avons montré (2) qu'aux Philippines la plupart des chaînes de montagnes coïncident avec des zones d'anomalies positives. Il pourrait sembler à première vue que ce fait constitue une exception à l'isostasie qui veut qu'au-dessous des masses superficielles en excès se trouve un défaut de masse correspondant. La réduction au niveau de la mer, par la méthode de Bouguer, conduit en effet généralement à des anomalies négatives dans les régions montagneuses, et ce résultat constitue un des principaux arguments en faveur de la compensation isostatique.

Il est évident cependant qu'il n'y a aucune raison de ne tenir compte dans la réduction isostatique que des excès de masses au-dessus du géoïde et de négliger les excès de masses qui peuvent se trouver au-dessous (3).

Il se trouve des cas où, du moins avec une très grande probabilité, on peut supposer en dessous du géoïde un excès de masse. Lorsque les matériaux de surface contiennent en grande quantité des minéraux lourds

(1) Séance du 6 février 1939.

(2) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1148.

(3) En fait, dans un cas, celui des océans, on tient compte des défauts de masse au-dessous du géoïde et de leur compensation.

qui sont venus, évidemment, des profondeurs, il est tout naturel de supposer qu'avec eux d'autres ont été soulevés et sont restés dans le socle du soulèvement, c'est-à-dire qu'il reste entre les matériaux qui ont fait surface et les couches dont ils proviennent une certaine continuité; le soubassement de la montagne doit être, comme la montagne elle-même, de densité plus élevée que les éléments ordinaires de la surface terrestre.

Si les pressions internes qui ont soulevé ces masses et formé le plissement superficiel ont, en même temps, enfoncé dans les couches plus profondes des substances moins lourdes que celles dont ces couches sont formées, une certaine compensation se sera produite et l'on peut imaginer un équilibre isostatique ainsi réalisé. Pourtant, la proximité des masses de densité en excès, l'éloignement des masses de densité en défaut feront qu'aux stations immédiatement au-dessus on trouvera une anomalie positive.

Cette anomalie ira en décroissant rapidement quand on s'éloignera du massif montagneux, et, plus loin encore, des anomalies négatives apparaîtront, car l'action des *excès de masses* situés près de la surface diminuera plus vite que l'action inverse des *défauts de masse*, profonds.

Supposons les excès et défauts de masses concentrés sur deux prismes horizontaux, de petite section, indéfiniment allongés, à des profondeurs h et H, parallèles et dans le même plan vertical; il est aisé de déduire de la variation de l'anomalie à la surface, les profondeurs et la masse des deux prismes. La distance horizontale d, où la composante des deux actions verticales sera nulle, sera donnée par l'expression

$$(1) \qquad d^2 = h.\mathrm{H}.$$

La valeur de l'anomalie a sur la verticale de ces masses donnera l'équation

$$(2) \qquad 2\,\mathrm{KM}\left(\frac{1}{h} - \frac{1}{\mathrm{H}}\right) = a,$$

d'où, à l'aide de (1), on tirera $\mathrm{H} - h = ad^2/2\,\mathrm{KM}$; une valeur de l'anomalie c, négative, à une distance l, plus grande que d, donnera une troisième équation

$$(3) \qquad 2\,\mathrm{KM}\left(\frac{h}{h^2 + l^2} - \frac{\mathrm{H}}{\mathrm{H}^2 + l^2}\right) = c,$$

d'où l'on tirera

$$(\mathrm{H} + h)^2 = \frac{(l^2 - d^2)\left[-\dfrac{ad^2}{c} - (l^2 - d^2)\right]}{l^2},$$

et, en posant cette dernière quantité égale à A^2,

$$\left.\begin{matrix} h \\ H \end{matrix}\right\} = \frac{A \pm \sqrt{A^2 - 4d^2}}{2};$$

M, masse des prismes par unité de longueur, sera ensuite tirée de l'équation (2).

Ce calcul suppose que l'on connaît l'action de toutes les masses de la Terre autres que les excès et défauts de masses cherchés, sans quoi le zéro à partir duquel a et c sont mesurés est arbitraire. Si ceci n'est jamais réalisé avec certitude, il semble qu'on puisse dans certains cas arriver à une approximation suffisante et une assez grande probabilité, par l'étude des anomalies des régions avoisinantes.

Nous pouvons appliquer les considérations précédentes à la chaîne de Zambalès, à l'Ouest de la partie centrale de Luzon. Sur une bande large de 30 et longue de 150 kilomètres, nous trouvons de fortes anomalies positives; dès qu'on s'éloigne de la montagne vers l'Est, les anomalies s'annulent, puis deviennent négatives; plus loin, quand on approche des massifs de l'Ouest, les anomalies redeviennent positives. La chaîne de Zambalès est bien du type que nous avons décrit plus haut; on y trouve des quantités considérables de minéraux lourds; la chaîne repose sur un socle profond, de forte densité.

En appliquant les formules précédentes, en supposant que les anomalies sont en grande partie dues aux actions locales et en supposant que l'anomalie négative de la plaine provient par parties égales des compensations des deux chaînes de l'Est et de l'Ouest, on trouve $h = 30^{\text{km}}$, $H = 85^{\text{km}}$, valeurs tout à fait acceptables.

Malgré la valeur élevée des anomalies positives, une compensation et un équilibre isostatiques sont donc *possibles* par le simple jeu de masses compensatrices. La réduction isostatique, telle qu'on la conduit d'ordinaire, en ne tenant compte que des masses au-dessus du géoïde et de leur compensation, conduira cependant à trouver une anomalie positive.

Mais on sait de plus que l'équilibre isostatique peut être au moins aidé, dans l'hypothèse de matériaux rigides ou semi-rigides, par les pressions latérales qui s'exercent de part et d'autre tangentiellement aux surfaces de niveau et forment entre elles un angle différent de 180°, par suite de la courbure de celles-ci.

Bien que cette cause ne doive être considérée qu'avec prudence, car il faut 250 kg/cm² sur 30^{km} d'épaisseur pour expliquer une anomalie d'un

milligal, il semble bien qu'elle puisse intervenir dans les soubassements de la chaîne de Zambalès où au moins deux hypocentres profonds de séismes ont été localisés, fait relativement rare ([4]).

En résumé, le fait que des anomalies positives se trouvent en montagne, dans le cas d'affleurements de minéraux lourds, ne constitue pas une objection à l'isostasie, mais s'oppose à une interprétation qui est parfois donnée aux anomalies isostatiques. Un équilibre est possible sans que les anomalies sur le géoïde soient nulles.

ÉLASTICITÉ. — *Déformation d'un fil élastique sous l'action de la pesanteur.* Note de M. **Jules Haag**.

1. J'ai donné, il y a quelques années ([1]), la méthode générale permettant de calculer la déformation d'un fil élastique soumis à des forces extérieures quelconques. J'ai eu récemment l'occasion ([2]) d'appliquer cette méthode au cas particulier d'un fil *soumis à la simple action de la pesanteur.* Bien qu'on puisse traiter le problème dans toute sa généralité, je n'envisagerai ici que le cas particulier où le fil est *plan à l'état naturel.* Je supposerai aussi que *la section droite a un axe principal d'inertie dans le plan de la fibre neutre.* Enfin je supposerai successivement que ledit plan est *horizontal,* puis *vertical.*

2. *Position naturelle horizontale.* — Le fil étant encastré horizontalement à l'une de ses extrémités A, supposons que la tangente en chacun de ses points fait, avec le plan horizontal, un angle θ assez petit pour qu'on puisse négliger son carré devant l'unité. On démontre d'abord que la variation du rayon de courbure pendant la déformation est de l'ordre de θ^2 et l'on en conclut que *la projection horizontale du fil se confond sensiblement avec sa forme naturelle.*

Soient E le module de Young et G le module d'élasticité au cisaillement.

([4]) Gutenberg et Richter, *Bull. of the Geological Soc. of America*, 49, 1938, p. 276. La position d'un de ces hypocentres, placé par ces auteurs à l'Est de Zambalès, est rectifiée par Repetti qui le fixe à l'Ouest, sous la Mer de Chine.

([1]) *Ann. Éc. Norm.*, 46, 1929, p. 105 à 129; 52, 1935, p. 317 à 347.

([2]) Cette occasion a été provoquée par un problème technique qui m'a été posé par M. André Donat et au sujet duquel on trouvera des renseignements à la fin de la présente Note.

Soit A le moment d'inertie de la section droite par rapport à l'axe principal d'inertie situé dans le plan de la fibre neutre. Soit I le moment d'inertie polaire de cette section, dans le cas du fil rond, ou la constante équivalente ([3]) au point de vue de la torsion, dans tout autre cas. Appelons B l'extrémité libre du fil, M un point quelconque, s l'arc BM, G son centre de gravité, X et Y les projections du vecteur $\overrightarrow{GM}$ sur la tangente et la normale positives en M, S l'aire comprise entre le fil et la corde BM, r la longueur de cette corde et enfin p le poids de l'unité de longueur de fil.

L'abaissement du point B *au-dessous du plan horizontal passant par* A *est*

$$z = \frac{P}{GI} + \frac{Q}{EA}, \tag{1}$$

en posant

$$P = -2p\int_B^A sY\,dS, \qquad Q = p\int_B^A sXr\,dr. \tag{2}$$

3. Dans le cas d'un *fil circulaire* (spiral cylindrique) de rayon R, on trouve, en appelant λ l'angle d'enroulement,

$$P = pR^4\left(\frac{\lambda^2}{2} - \lambda\sin\lambda + \frac{\sin^2\lambda}{2}\right), \qquad Q = 2pR^4\sin^4\frac{\lambda}{2}. \tag{3}$$

Si λ *est très grand* (une dizaine de spires par exemple), on a approximativement

$$z = \frac{pL^2R^2}{2GI} \qquad (L = \text{longueur totale du fil}). \tag{4}$$

Dans le cas d'un *spiral plat*, le calcul exact, quoique praticable, est beaucoup plus compliqué. J'indiquerai seulement la formule approchée correspondant au cas où *les spires sont assez nombreuses* (une dizaine par exemple). Si R_0 et R_1 sont les rayons en A et B, on a

$$z = \frac{pL^2(2R_0^2 + R_1^2)}{6GI}. \tag{5}$$

Si le rayon intérieur est petit par rapport au rayon extérieur R, on a pratiquement

$$z = \frac{pL^2R^2}{3GI} \qquad \text{ou} \qquad z' = \frac{pL^2R^2}{6GI}, \tag{6}$$

([3]) C'est ce que j'ai appelé I + P dans le premier des deux Mémoires précités (p. 119).

suivant que le spiral est encastré par son extrémité extérieure ou par son extrémité intérieure.

4. *Position naturelle verticale.* — Dans ce cas on a affaire à un simple problème de *flexion plane*. Appelons B le moment d'inertie de la section droite par rapport à son deuxième axe principal et bornons-nous au cas d'un *spiral plat* ayant un *grand nombre de spires* et un *rayon intérieur négligeable.*

Supposons d'abord le spiral *encastré horizontalement par son extrémité extérieure* A, *placé au point le plus haut. L'abaissement du point le plus bas* est approximativement

$$y = \frac{\pi p L R^3}{2 E B}. \tag{7}$$

Supposons maintenant le spiral *encastré par son extrémité intérieure.* Soit f la *différence entre les rayons aboutissant au point le plus bas et au point le plus haut;* on a approximativement

$$f = \frac{p L^2 R^2}{6 E B}. \tag{8}$$

5. *Vérifications expérimentales.* — M. André Donat a bien voulu faire, sur ma demande, quelques vérifications expérimentales des formules (6) et (8). Les spiraux étaient en bronze rouge et M. Donat a adopté, pour les modules d'élasticité, les valeurs

$$E = 9000^{kg} \text{ par mm}^2, \qquad G = 0,4\,E.$$

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous, où e désigne l'épaisseur du spiral et h sa hauteur. L'unité de longueur est le millimètre. Les erreurs sont des erreurs relatives, évaluées en centièmes.

R	10,6.	7,25.	9,25.	9,1.	9,5.	17.
L	243	352	235	236	370	800
e	0,032	0,065	0,035	0,033	0,060	0,170
h	0,52	1,26	0,98	0,98	1,53	3,32
z mesuré	12,3	3,25	8,2	7,5	9,4	11,3
z calculé	15,9	3,75	9,4	10,35	8,4	15,7
Erreur	−23	−13	−13	−27	+12	−28
z' mesuré	7,8	2,4	4,1	4,9	4,5	6,3
z' calculé	7,95	1,90	4,7	5,1	4,2	7,85
Erreur	−2	+26	−13	−4	+7	−20
f mesuré	9,5	3,3	8,6	8,5	6,4	11
f calculé	12,2	2,92	7,28	8	6,5	12,1
Erreur	−28	+11	+15	+6	−2	−10

Les erreurs algébriques moyennes sont — 15, — 1 et — 1,3.

Pour z' et f, *l'accord est tout à fait satisfaisant; les erreurs sont de l'ordre de grandeur des erreurs de mesure.* Pour z, l'accord est moins bon ; il semble qu'il existe une erreur systématique négative. Toutefois, si l'on adopte $G = 3310$ et $E = 8880$, au lieu de 3600 et 9000, les erreurs algébriques moyennes deviennent -8, $+8$ et 0; les écarts moyens sont alors 15, 14 et 10.

M. **Maurice Javillier** fait hommage à l'Académie d'un Volume intitulé *Jubilé scientifique de* M. Gabriel Bertrand *célébré à l'Institut Pasteur le 24 juin* 1938.

M. **Émile Mathias** fait hommage à l'Académie d'une Carte intitulée *Essai sur la forme approchée des lignes de pluie annuelle du Puy-de-Dôme, offert au Conseil général et aux agriculteurs*, et du fascicule qui l'accompagne.

Le travail de la Carte pluviométrique annuelle du Puy-de-Dôme n'a pu être mené à bonne fin qu'avec l'aide bienveillante de deux grands services de l'État : l'Office national météorologique et le Service géographique de l'Armée, à qui sont dus les plus vifs remercîments.

En effet, les lignes pluviométriques du manuscrit ont dû être régularisées et le trait être amené à une épaisseur convenable et uniforme dans toute l'étendue de la Carte. Ce travail a été fait par le dessinateur de l'Office national météorologique ; après quoi le nouveau tracé a pu être imprimé par le Service géographique de l'Armée sur le fond de sa Carte de France au 1/200000ᵉ limitée à la région du Puy-de-Dôme.

L'Académie reçoit en hommage un fascicule de la *Flore de Madagascar* (*Plantes vasculaires*) publié sous les auspices du Gouvernement général de Madagascar, qui contient un Mémoire de M. Henri Perrier de la Bâthie, intitulé 178ᵉ *famille. — Bignoniacées.*

NOMINATIONS.

M. **Maurice Caullery** est délégué pour représenter l'Académie à la cérémonie qui aura lieu à Pavie au mois d'avril 1939-XVII, en mémoire de Lazzaro Spallanzani.

ÉLECTIONS.

Sont désignés pour faire partie des sections ci-dessous indiquées du *Conseil supérieur de la Recherche scientifique :*

MM. **Élie Cartan** (Mathématiques); **Jules Drach** (Mécanique, Statistique et Astronomie); **Jean Perrin** (Physique); **Antonin Gosset** (Médecine); **Alexandre Guilliermond** (Biologie); **Marcel Delépine** (Chimie); **Charles Pérez** (Sciences naturelles).

CORRESPONDANCE.

Des remercîments sont adressés, par M. **Cyril Crossland** pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux, par M. **Pierre Lejay** pour la subvention qui lui a été attribuée pour ses Recherches.

ARITHMÉTIQUE. — *Classification des courbes de genre un, dans le corps des restes, module p.* Note de M. **François Châtelet**, présentée par M. Gaston Julia.

1. On sait que la congruence

$$ax^2 + by^2 + c \equiv 0 \qquad (\text{mod. } p) \ (p \text{ premier}),$$

où a, b, c sont trois entiers donnés, a au moins une solution, sauf peut-être pour un nombre fini de valeurs du nombre premier p, et l'on sait trouver ces valeurs exceptionnelles.

J'ai pu prouver un fait analogue pour les congruences de la forme Q

$$y^2 \equiv ax^4 - bx^2 - cx - d \quad (\text{mod. } p),$$

où a, b, c, d sont quatre entiers donnés.

Si la congruence Q *est de genre un* (c'est-à-dire si elle définit, sur le corps des restes, module p, un corps de fonctions algébriques de genre un), *elle a certainement des solutions.*

2. Pour obtenir ce résultat, j'ai adapté les idées exposées dans ma Note précédente [1] à la recherche des transformations birationnelles dont les coefficients sont dans un corps d'imaginaires de Galois k donné et qui transforment l'une en l'autre deux courbes, de genre un, données, à coefficients dans k. J'ai pour cela utilisé les résultats de H. Hasse [2] concernant les « automorphismes » d'un corps de fonctions algébriques de genre un. La méthode ainsi obtenue ramène le problème à la recherche des solutions d'une congruence et, par suite, permet de le résoudre.

On peut effectuer la classification des courbes de genre un, à coefficients dans k, en familles de courbes se déduisant les unes des autres par des transformations birationnelles à coefficients dans k.

3. En particulier, on peut effectuer la classification des congruences de genre un de la forme Q

$$y^2 \equiv ax^4 - bx^2 - cx - d \quad (\text{mod. } p),$$

pour une valeur donnée p et pour les diverses valeurs de a, b, c et d; les calculs sont relativement simples, car ils ne nécessitent que l'introduction de l'extension *de degré* 2 du corps des restes, module p.

Si p est différent de 2 et de 3, le théorème annoncé au paragraphe 1 résulte alors du fait suivant : *les points dont les coordonnées sont dans un corps fini k et qui sont situés sur une cubique de la forme* C

$$y^2 = x^3 - Ax - B = 0 \quad (\text{A et B nombres de } k),$$

forment le produit direct d'un groupe dont tous les termes sont d'ordre impair et de 0, 1 *ou* 2 *groupes cycliques d'ordres pairs, suivant que l'équation*

$$x^3 - Ax - B = 0$$

a 0, 1 *ou* 3 *solutions dans k.*

---

(1) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1532.

(2) *J. de Crelle*, **175**, 1936, p. 55, 69 et 193.

Si p est égal à 2 ou à 3, un nombre fini d'essais permet de constater que le théorème est encore vrai.

4. J'ai effectué la classification des congruences de la forme Q pour les modules 2, 3 et 5.

Pour le module 3, il y a 5 classes contenant 6 congruences Q de genre 1 et 3 en contenant 2. Il y a 12 congruences Q de genre 0 et 6 qui sont dégénérées en produits de deux congruences du second degré.

Pour le module 5, il existe 6 classes contenant 40 congruences Q de genre 1, 4 en contenant 44, 2 en contenant 20 et 2 en contenant 16. Il y a 80 congruences Q de genre 0 et 20 qui sont dégénérées.

La recherche du nombre des solutions de chacune de ces congruences (compte tenu des points à l'infini) permet de simplifier les calculs conduisant à cette classification.

Ainsi, pour le module 5, si la congruence Q a 7 solutions (dont 2 à l'infini si a est resté quadratique), elle est dans la classe définie par la congruence C

$$y^2 \equiv x^3 - 3x - 1 \pmod 5.$$

GÉOMÉTRIE FINIE. — *Sur les continus distanciables qui sont domaine de définition d'une fonction continue ne passant par chaque valeur qu'un nombre fini de fois.* Note de M. **Christian Pauc**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. *Introduction.* — L'idée d'étudier les espaces topologiques $\mathcal{E}$ qui sont domaine de définition d'une fonction continue réelle φ jouissant d'une certaine propriété remonte à M. Fréchet, à savoir dans le cas où il s'agit pour φ d'être une fonction non constante [1]; le problème de M. Fréchet ne présente de l'intérêt que pour des espaces $\mathcal{E}$ plus généraux que les espaces distanciables; par contre, si nous exigeons davantage de φ, ainsi que, quel que soit le nombre réel ρ, l'ensemble de Lebesgue $[\varphi(x) = \rho]$ ait une structure fixée, par exemple soit discontinu ou dénombrable ou plus particulièrement encore fini, nous pouvons, et ceci facilite la recherche, assujettir $\mathcal{E}$ à être distanciable.

---

(1) Question soulevée en 1922 et étudiée par Hahn, Chittenden, Urysohn, Hausdorff.

2. *Propriétés de Čech.* — Appelons $\mathfrak{T}$ ($\mathfrak{T}_{n_0}$, n_0 entier ≥ 1 fixé) pour un espace topologique $\mathcal{E}$ la propriété suivante (²) : « il existe une fonction continue réelle $\varphi(x)$ définie sur $\mathcal{E}$ telle que, pour chaque nombre réel ρ, l'équation $\varphi(x) = \rho$ possède un nombre fini de (au plus n_0) solutions sur $\mathcal{E}$.

$\mathfrak{T}$ *et* $\mathfrak{T}_{n_0}$ *relèvent de la topologie pure.*

Théorème I. — *Un continu distanciable localement compact* (³) *jouissant de la propriété* $\mathfrak{T}$ *est la fermeture d'une somme d'arcs* (⁴) *tels que sur chacun d'eux* φ *prenne au plus une fois chaque valeur.*

Nommons *continu de Čech* un continu distanciable compact vérifiant $\mathfrak{T}$; de théorèmes de Čech (²) et d'une proposition de Whyburn (⁵) résulte que

Théorème II. — *a. Un continu de Čech est une courbe à régularité permanente* (beständig reguläre Kurve) (⁵) *dont l'ensemble des extrémités est clairsemé.*

Nous ajoutons que

b. Un continu de Čech est une somme d'arcs.

Théorème III. — *Un continu distanciable compact* K *admettant un sous-ensemble fermé discontinu* D *tel que* K — D *satisfasse à* $\mathfrak{T}$ *est une courbe régulière.*

Théorème IV. — *Un continu distanciable compact* K *admettant un sous-ensemble fermé dénombrable* N *tel que* K — N *satisfasse à* $\mathfrak{T}$ *est une somme d'arcs.*

3. *Continus d'ordre relatif fini de Haupt.* — $\mathcal{F}$ désignant un faisceau linéaire de plans $P_1 + \lambda P_2 = 0$ de l'espace euclidien $\mathcal{E}_3$, d'axe A (éventuellement à l'infini), M. Haupt (⁶) appelle continu d'ordre fini relativement à $\mathcal{F}$ un continu K de $\mathcal{E}_3$ qui n'a en commun avec chaque plan de $\mathcal{F}$, *mis à part les points de* A, qu'un nombre fini de points. Si K ne rencontre pas A, il jouit de la propriété $\mathfrak{T}$; il suffit de poser, pour x sur K,

$$\varphi(x) = \text{paramètre du plan de } \mathcal{F} \text{ passant par } x.$$

(²) Čech, *Fund. Math.*, 18, 1932, p. 85-87.

(³) Nous empruntons l'hypothèse de la locale compacité à M. Linsman, *Mém. de l'Ac. Roy. de Belgique*, 17, 1938, p. 17.

(⁴) Une somme d'arcs (*Bogensumme* de Menger, *arc-sum* de Whyburn) est la réunion d'un nombre fini ou d'une infinité dénombrable d'arcs ayant deux à deux en commun au plus des extrémités.

(⁵) Menger, *Kurventheorie*, 1932, p. 260-261.

(⁶) *Journal für die r. und ang. Math.*, 167, 1931, p. 20-21; 1. Zerlegungssatz, p. 21, 2. Zerlegungssatz, p. 22; *Sitzungsberichte der Bay. Ak. der Wissenschaften*, Mai 1932, 1. Satz et 2. Satz, p. 74.

Les théorèmes I, II b, III et IV ne sont autres que les généralisations de théorèmes de M. Haupt relatifs aux continus de $\mathcal{E}_3$ d'ordre relatif fini (6); nous les démontrons en transcrivant les démonstrations de M. Haupt.

4. *L'aspect topologique de la géométrie finie.* — Il ressort de ce qui précède que la propriété $\mathfrak{T}$ pour un continu distanciable fournit assez bien le contenu topologique de la propriété pour un continu de $\mathcal{E}_3$ d'être d'ordre fini relativement à un faisceau de plans parallèles. Nous présumons que tout continu de Čech est homéomorphe à un continu compact de $\mathcal{E}_3$ d'ordre fini vis-à-vis d'un faisceau de plans parallèles; signalons à ce propos que, comme conséquence d'une proposition de Menger (7), un continu de Čech admet toujours un homéomorphe dans $\mathcal{E}_3$.

Plus généralement, nous pressentons qu'un continu distanciable compact qui jouit de $\mathfrak{T}$ après suppression d'un discontinu D est homéomorphe à un continu borné de $\mathcal{E}_3$, d'ordre fini relativement à un faisceau linéaire de plans, dont l'intersection avec l'axe est homéomorphe à D; cette présomption est rendue plausible, en remarquant que de la proposition de Menger mentionnée et d'une proposition de Sierpinski (8) résulte que D est homéomorphe à un discontinu linéaire (9).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les sinus du troisième ordre.* Note de M. **Jacques Touchard**, présentée par M. Élie Cartan.

Les sinus du troisième ordre, $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_3(x)$, sont définis par les formules

$$3f_r(x) = e^x + j^r e^{jx} + j^{2r} e^{j^2 x} \qquad (r = 1, 2, 3),$$

(7) *Kurventheorie*, p. 346 et 354.

(8) *Fund. Math.*, 2, 1931, p. 83.

(9) Nous avons fait connaître le contenu de la présente Note à M. Nöbeling. En réponse, ce dernier nous a communiqué les épreuves d'une Note en publication au *Journal de Crelle*, où il étudie la structure d'ensembles distanciables compacts A applicables dans un espace euclidien $\mathcal{E}_n$ par une correspondance continue, d'ordre fini, c'est-à-dire telle qu'un point de $\mathcal{E}_n$ soit l'image d'un nombre fini des points de A; le théorème I précédent est un cas particulier ($n = 1$) de son Darstellungssatz II. En outre, de sa méthode de *Linearisierung* der *Urbildmengen* découle qu'un continu de Čech est homéomorphe à un continu compact de $\mathcal{E}_4$ d'ordre fini vis-à-vis d'un faisceau d'hyperplans parallèles. Il obtient ainsi un résultat qui se rapproche de celui que nous nous étions contenté de présumer (d'ailleurs indépendamment) et où cet $\mathcal{E}_4$ serait remplacé par $\mathcal{E}_3$.

où $j = -1/2 + i\sqrt{3}/2$ est une racine cubique de l'unité. Ils satisfont aux relations différentielles $df_r/dx = f_{r+1}$, l'indice étant pris suivant le module 3, et à la relation algébrique

$$\text{(1)} \qquad P(f_1, f_2, f_3) = f_1^3 + f_2^3 + f_3^3 - 3f_1 f_2 f_3 = 1.$$

Ces fonctions ont été étudiées à diverses reprises, mais on n'a jamais signalé, à notre connaissance, le fait, presque évident, qu'elles admettent un théorème de multiplication complexe; ainsi

$$f_3(ix\sqrt{3}) = jf_1^3(x) + j^2 f_2^3(x) + f_3^3(x),$$

et, d'une façon générale, pour que $f_r(mx)$ s'exprime par un polynome entier en $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_3(x)$,

$$\text{(2)} \qquad f_r(mx) = Q_r(f_1, f_2, f_3) \qquad (r = 1, 2, 3),$$

il faut et il suffit que le multiplicateur m soit un entier du corps $C(j)$. Soit alors $m = \alpha + j\beta + j^2\gamma$, α, β, γ étant des entiers réels et positifs; le degré de $Q_r(f_1, f_2, f_3)$ est $\alpha + \beta + \gamma$ et n'est déterminé qu'à un multiple de 3 près, à cause de la relation (1); ce degré est minimum, lorsqu'on prend l'un des nombres α, β, γ égal à zéro, et les deux autres positifs ou nuls, ce qu'on peut toujours faire, grâce à l'égalité $1 + j + j^2 = 0$.

Les entiers m_λ du corps $C(j)$, situés sur une droite D, passant par l'origine et de coefficient angulaire $\mu_1\sqrt{3}/\mu_2$, où μ_1/μ_2 désigne une fraction irréductible, sont donnés par l'une ou l'autre des formules

$$m_\lambda = \lambda(\mu_1 + \mu_2) + 2\lambda\mu_1 j, \qquad \text{si} \quad \mu_1 + \mu_2 \text{ est impair},$$
$$m_\lambda = \lambda\,\frac{\mu_1 + \mu_2}{2} + \lambda\mu_1 j, \qquad \text{si} \quad \mu_1 + \mu_2 \text{ est pair},$$

dans lesquelles λ varie par valeurs entières réelles, de $-\infty$ à $+\infty$. Dans les deux cas, on a entre les fonctions f_r, relatives à quatre points entiers successifs de la droite D, la récurrence linéaire

$$f_r(m_\lambda x) - 3f_3(m_1 x)f_r(m_{\lambda-1}x) + 3f_3(-m_1 x)f_r(m_{\lambda-2}x) - f_r(m_{\lambda-3}x) = 0,$$

qui permet de calculer $f_r(m_\lambda x)$ de proche en proche.

Quant à la division de l'argument par un entier m, réel ou complexe, elle se présente sous l'aspect d'un problème algébrique, grâce aux formules (1) et (2), lorsqu'on se donne les valeurs de deux ou de trois des fonctions $f_r(x)$. Supposons, pour simplifier, qu'on se donne les trois valeurs a_1, a_2, a_3, de $f_r(x) = Q_r(f_1, f_2, f_3) = a_r$, satisfaisant, bien entendu, à la condi-

tion $P(a_1, a_2, a_3) = 1$. La résolution en f_1, f_2, f_3 de ce système de trois équations se réduit à celle de deux équations binomes, et l'on peut démontrer que le nombre des solutions est égal à la norme de m,

$$\mathcal{N}(m) = \alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 - \alpha\beta - \beta\gamma - \gamma\alpha.$$

Mais il faut observer que les trois nombres a_r doivent nécessairement vérifier, en outre de la condition algébrique ci-dessus, une relation transcendante, savoir

$$(3) \qquad \log(j^2 a_1 + j a_2 + a_3) + 2K'\pi i = j \log(a_1 + a_2 + a_3) + 2K\pi ij,$$

où les logarithmes ont leur détermination principale et où K et K' sont deux entiers réels déterminés d'une manière unique. Cette relation exprime simplement qu'il existe un argument x_0, tel que $f_r(x_0) = a_r$ ($r = 1, 2, 3$), c'est-à-dire, en définitive, tel que $e^{jx_0} = (e^{x_0})^j$; cet argument x_0 est unique et sa valeur est $x_0 = \log(a_1 + a_2 + a_3) + 2K\pi i$, où K est le même nombre que dans le second membre de (3). En conséquence, x_0/m est le seul argument qui, substitué dans f_1, f_2, f_3, rende les trois polynomes $Q_r(f_1, f_2, f_3)$, égaux respectivement aux valeurs données a_r et, parmi les $\mathcal{N}(m)$ solutions algébriques du problème de la division, une seule convient, savoir $f_1(x_0/m)$, $f_2(x_0/m)$, $f_3(x_0/m)$; toutes les autres sont illusoires. Si (3) n'a pas lieu, toutes les solutions algébriques sont illusoires.

Des considérations analogues s'appliqueraient aux sinus du quatrième ordre, formés avec les quatre unités du corps $C(i)$ de Gauss, comme le sont les fonctions f_r avec trois des unités du corps $C(j)$, et l'on peut également former des transcendantes plus compliquées en prenant, comme coefficients successifs de x, dans les exponentielles, une suite infinie d'unités d'un corps quadratique réel.

THÉORIE DES GROUPES. — *Systèmes multiformes et systèmes hypercomplexes* (1). Note de M. **Jean Kuntzmann**, présentée par M. Gaston Julia.

Il n'est certainement pas sans intérêt de ramener l'étude d'un système multiforme à celle d'un système uniforme. D'ailleurs la définition d'une expression telle que $a(bc)$ exige déjà l'utilisation d'un système uniforme.

(1) Voir mes Notes, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1787; 205, 1937, p. 208.

Soit un système d'éléments c pourvu de deux opérations, une addition associative commutative et une multiplication associative commutative distributive. On suppose de plus l'existence d'un élément o et d'un élément 1. On dira que le système des c est un uniformisateur d'un système multiforme A si l'on a déterminé des c_{ij}^k de manière que

$$c_{ij}^k = 0 \quad \text{si} \quad a_i a_j \not\supset a_k,$$
$$c_{ij}^k \neq 0 \quad \text{si} \quad a_i a_j \supset a_k.$$

On dit qu'il y a associativité par rapport aux c si le système défini par

$$u_i u_j = \sum_k c_{ij}^k u_k$$

est associatif.

Griffiths ([2]) avait déjà considéré des systèmes uniformes attachés à un système multiforme.

Les cas les plus intéressants des systèmes indiqués plus haut sont les suivants :

a. Le système des c est formé des seuls éléments o et 1 avec $1+1=1$.

Ceci revient à considérer les sous-ensembles de l'ensemble de définition de A.

L'associativité ainsi définie est l'associativité ordinaire.

b. Les c sont des éléments d'un corps.

c. D'une manière plus précise, on peut supposer que les c sont des nombres positifs (entiers ou non).

La condition d'associativité ainsi obtenue entraîne l'associativité ordinaire.

Cette définition contient comme cas particulier celle des hypergroupes de Wall ([3]).

Il existe des systèmes multiformes qui ne peuvent pas être rendus associatifs dans un corps et qui possèdent pourtant l'associativité ordinaire.

La plupart des systèmes multiformes qui se présentent rentrent dans le cas *c*. En particulier l'hypergroupe des catégories, l'hypergroupe des classes de conjugués, le système des classes à gauche suivant un sous-groupe, enfin les systèmes obtenus par la composition des fonctions algébriques.

([2]) *American Journal of Math.*, 60, 1938, p. 345.
([3]) *American Journal of Math.*, 59, 1937, p. 77.

On peut énoncer au sujet des systèmes hypercomplexes ainsi obtenus les théorèmes suivants :

Le système hypercomplexe correspondant à l'hypergroupe des catégories est semi-simple, celui correspondant à l'hypergroupe des classes de conjugués également.

Quant à celui des classes ag, il possède un radical qui est formé des éléments v tels que $xv = 0$ quel que soit x.

Remarquons enfin que tous les systèmes précédents, même celui des fonctions algébriques, ainsi que le système des classes suivant un idéal non bilatère, satisfont à la condition que j'avais indiquée dans ma première Note [1].

GÉODÉSIE. — *Formules d'évaluation de la précision d'une méthode de nivellement.* Note de M. **Jean Vignal**, présentée par M. Eugène Fichot.

Nous avons montré [1] comment la précision accrue des nivellements modernes conduit à modifier légèrement les hypothèses fondamentales de M. Lallemand sur le caractère des erreurs affectant les nivellements.

Sous leur forme nouvelle, ces hypothèses entraînent les formules suivantes pour l'évaluation de la précision d'une méthode de nivellement.

Notations adoptées. — Soient

R, l'écartement de deux repères consécutifs;

L, la longueur d'un des tronçons en lesquels on peut arbitrairement décomposer le réseau;

F, le périmètre d'un polygone fermé;

R_m, L_m, F_m, les valeurs moyennes des éléments R, L, F;

n_R, n_L, n_F, les nombres des éléments R, L, F;

ρ, λ, les discordances, relevées sur les distances R, L, des résultats des deux nivellements composants, si le nivellement considéré est la moyenne de deux tels nivellements, supposés complètement indépendants, et pouvant d'ailleurs avoir été exécutés par des méthodes différentes;

μ, la différence des ordonnées extrêmes de la *droite moyenne* tracée, suivant le procédé classique de M. Lallemand, à travers le diagramme des discordances cumulées, pour un tronçon de longueur L;

φ, l'écart de fermeture d'un polygone fermé de périmètre F, application faite de la correction orthométrique;

γ, la correction déduite de la compensation rationnelle du réseau sur un tronçon de

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 329.

longueur L formé par un côté commun à deux polygones et *non fractionné*, ou par un groupement de tels côtés non fractionnés ;

Z, la limite approximative à partir de laquelle les effets des erreurs apophanes deviennent purement accidentels (de l'ordre de quelques dizaines de kilomètres pour les nivellements actuels).

Erreur probable totale par kilomètre e_t. — On démontre les relations :

$$\left\{\begin{array}{lllll} (t_L) & e_t = U_L = \lim . u_L & \text{pour } L_m > Z, & \text{avec} & u_L^2 = \frac{1}{9}\text{moy.}\frac{\lambda^2}{L}; \\ (t_{L\mu}) & \left\{\begin{array}{l} e_t^2 = V_{L\mu}^2 - \frac{1}{5}e_P^2, \\ \text{où } V_{L\mu} = \lim . v_{L\mu} \end{array}\right. & \text{pour } L_m > Z, & \text{avec} & v_{L\mu}^2 = \frac{1}{9}\text{moy.}\frac{\mu^2}{L}; \end{array}\right.$$

$$\left\{\begin{array}{lllll} (t_F) & e_t = U_F = \lim . u_F & \text{pour } F_m > Z, & \text{avec} & u_F^2 = \frac{4}{9}\text{moy.}\frac{\varphi^2}{F}; \\ (t_{F\gamma}) & e_t = U_{F\gamma} = \lim . u_{F\gamma} & \text{pour } L_m > Z, & \text{avec} & u_{F\gamma}^2 = \frac{4}{9}\text{moy.}\frac{\gamma^2}{L}. \end{array}\right.$$

On peut écrire u_L, $u_{L\mu}$, u_F, $u_{F\gamma}$ sous les formes

$$\left\{\begin{array}{l} u_L'^2 = \frac{1}{9n_L}\Sigma\frac{\lambda^2}{L} \quad \text{ou} \quad u_L''^2 = \frac{1}{9\Sigma L}\Sigma\lambda^2, \\ v_{L\mu}'^2 = \frac{1}{9n_L}\Sigma\frac{\mu^2}{L} \quad \text{ou} \quad v_{L\mu}''^2 = \frac{1}{9\Sigma L}\Sigma\mu^2; \end{array}\right. \qquad \left\{\begin{array}{l} u_F'^2 = \frac{4}{9n_F}\Sigma\frac{\varphi^2}{F} \quad \text{ou} \quad u_F''^2 = \frac{4}{9\Sigma F}\Sigma\varphi^2, \\ u_{F\gamma}'^2 = \frac{4}{9n_L}\Sigma\frac{\gamma^2}{L} \quad \text{ou} \quad u_{F\gamma}''^2 = \frac{4}{9\Sigma L}\Sigma\gamma^2. \end{array}\right.$$

Les valeurs de L_m, F_m, pour lesquelles u_L, $v_{L\mu}$, u_F, $u_{F\gamma}$ atteignent sensiblement leurs limites U_L, $V_{L\mu}$, U_F, $U_{F\gamma}$, fournissent une évaluation sommaire de Z.

Erreur probable pantophane par kilomètre e_p. — Elle est donnée par la relation

$$(p) \qquad e_P^2 = u_R^2 - e_a^2 j^2, \qquad \text{avec} \quad u_R^2 = \frac{1}{9}\text{moy.}\frac{\rho^2}{R},$$

et l'on doit prendre, pour u_R et pour le coefficient j du terme correctif :

$$\left\{\begin{array}{llll} (p') & \text{soit, à la fois, } u_R'^2 = \frac{1}{9n_R}\Sigma\frac{\rho^2}{R} & \text{et} & j'^2 = \frac{R_m}{Z}, \\ (p'') & \text{soit, à la fois, } u_R''^2 = \frac{1}{9\Sigma R}\Sigma\rho^2 & \text{et} & j''^2 = \frac{1}{Z}\frac{\Sigma R^2}{\Sigma R}. \end{array}\right.$$

Erreur probable apophane par kilomètre e_a. — Elle est donnée par les relations :

$$\left\{\begin{array}{ll} (a_L) & e_a^2 = U_L^2 - e_p^2, \\ (a_{L\mu}) & e_a^2 = V_{L\mu}^2 - \frac{6}{5}e_p^2; \end{array}\right. \qquad \left\{\begin{array}{ll} (a_F) & e_a^2 = U_F^2 - e_p^2, \\ (a_{F\gamma}) & e_a^2 = U_{F\gamma}^2 - e_p^2. \end{array}\right.$$

Formules dérivées donnant e_p, e_a et e_t. — En groupant la formule (p) avec l'une des formules (a), suivant une idée appliquée pour la première fois par un géodésien suédois, M. Rune, on obtient les suivantes qui contiennent uniquement e_p ou e_a (la notation $U_{L,F,F\gamma}$ représentant une quelconque des quantités U_L, U_F, $U_{F\gamma}$) :

$$\left.\begin{matrix}(p - a_L\ )\\(p - a_F\ )\\(p - a_{F\gamma})\end{matrix}\right\}\begin{cases} e_p^2 = \dfrac{u_R^2 - j^2 U_{L,F,F\gamma}^2}{1 - j^2}, \\ e_a^2 = \dfrac{U_{L,F,F\gamma}^2 - u_R^2}{1 - j^2}; \end{cases} \qquad (p - a_{L\mu})\begin{cases} e_p^2 = \dfrac{u_R^2 - j^2 V_{L\mu}^2}{1 - \frac{6}{5}j^2}, \\ e_a^2 = \dfrac{V_{L\mu}^2 - \frac{6}{5}u_R^2}{1 - \frac{6}{5}j^2}. \end{cases}$$

On transforme de même la formule ($t_{L\mu}$) ci-dessus pour lui faire contenir seulement e_t, en y substituant à e_p^2 la valeur fournie par la première relation ($p - a_{L\mu}$).

Les formules ci-dessus (t_L), (t_F), ($t_{F\gamma}$), (p), (a_L), (a_F), ($a_{F\gamma}$), établies indirectement à l'époque à partir d'anciennes formules remaniées de M. Lallemand et de M. Rune, ont été admises internationalement, sur notre proposition, en 1936. Les formules ($t_{L\mu}$), ($a_{L\mu}$), qui se déduisent d'une ancienne formule de M. Lallemand et de considérations dues à M. Rune, n'ont pas encore été proposées.

On trouvera dans un autre Recueil la démontration directe de ces diverses formules, des détails sur leurs modalités d'application, enfin les corrections à apporter à certaines d'entre elles lorsque les nivellements composants sont entachés d'erreurs liées au sens de marche et cessent pour ce motif d'être complètement indépendants.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Remarques sur les densités de matrices et les grandeurs non maxwelliennes en théorie du photon.* Note de M. **Jules Géhéniau**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. *Densités de valeur moyenne.* — M. L. de Broglie considère le photon comme formé par deux corpuscules complémentaires. Dans un certain système de référence, appelé système propre, les équations du système formé par les deux corpuscules admettent des solutions de la forme [1]

$$(1) \qquad \Phi_{ik}^0 = a_{ik}^0 \varphi_{ik}^0(\xi_0, \eta_0, \zeta_0)\, e^{\frac{2\pi i}{h}\mu_0 c^2 t_0}.$$

[1] L. de Broglie, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 473. Nous adoptons les notations utilisées dans cette Note.

Dans un système galiléen quelconque, (1) devient

$$\Phi_{ik}(x, y, z, \xi, \eta, \zeta, t) = e^{\frac{2\pi i}{h}(\text{W}t - \vec{p}\vec{x})} \sum_{rt} s_{ik,rt}\, a^0_{rt}\, \varphi^0_{rt}. \tag{2}$$

Les fonctions d'onde *du centre de gravité* sont définies par

$$\begin{aligned}\Phi_{ik}(x, y, z, t) &= \sum_{lm} \sum_{rt} s_{ik,rt}\, a^0_{rt} \int d\xi_0\, d\eta_0\, d\zeta_0\, \varphi^0_{lm}\, \varphi^0_{rt}\, e^{\frac{2\pi i}{h}(\text{W}t - \vec{p}\vec{x})} \\ &= \sum_{rt} s_{ik,rt}\, a^0_{rt}\, e^{\frac{2\pi i}{h}(\text{W}t - \vec{p}\vec{x})}.\end{aligned} \tag{3}$$

Conformément aux principes généraux de la Mécanique ondulatoire,

$$\text{F}(\text{X}, \text{Y}, \text{Z}, t) = \int \Psi^*(\text{F}^{(a)} + \text{F}^{(b)})\Psi\, d\xi\, d\eta\, d\zeta \tag{4}$$

définit la densité de valeur moyenne, dans l'espace X, Y, Z, de l'opérateur $\text{F}^{(a)} + \text{F}^{(b)}$. $\text{F}^{(a)}$ et $\text{F}^{(b)}$ n'agissent que sur les indices i, k et sur X, Y, Z, t.

Pour une onde (2), par la même méthode que celle donnée par M. L. de Broglie dans le cas où $\text{F}^{(a)} = 1$, il vient

$$\text{F} = \Phi^*(\text{F}^{(a)} + \text{F}^{(b)})\Phi\sqrt{1 - \beta^2}. \tag{5}$$

Mais, pour une onde plane monochromatique, on a

$$\Phi^*(\text{F}^{(a)} + \text{F}^{(b)})\frac{\mu_0 c^2}{\text{W}} = \Phi^*(\text{B}_4 \text{F}^{(a)} + \text{A}_4 \text{F}^{(b)})\Phi, \tag{6}$$

comme on peut le vérifier directement, par exemple, sur tous les opérateurs principaux de la théorie du photon. Il en résulte que, pour une onde à énergie positive,

$$\text{F} = \Phi^*(\text{B}_4 \text{F}^{(a)} + \text{A}_4 \text{F}^{(b)})\Phi. \tag{7}$$

L'apparition des facteurs A_4 et B_4 dans la définition des valeurs moyennes s'explique donc comme un effet relativiste provenant de l'intégration (4) sur les variables relatives dans le trièdre de l'observateur. Les mêmes raisonnements sont valables pour une onde plane à énergie négative, mais alors le second membre de (7) doit être précédé du signe moins.

2. *États non maxwelliens.* — Dans le système propre et pour une onde à énergie positive, seules les composantes 31, 32, 41, 42 ne sont pas nulles. Elles satisfont [1] aux équations

$$\frac{1}{c}\frac{\partial \Psi}{\partial t_0} = \left[\frac{\text{A}_1 - \text{B}_1}{2}\frac{\partial}{\partial \xi_0} + \ldots + \frac{2\pi i \mu_0 c}{h}\frac{\text{A}_4 + \text{B}_4}{2} + \text{C}\,\delta(\xi_0, \eta_0, \zeta_0)\right)\Psi, \tag{8}$$

où $C\delta(\xi_0, \eta_0, \zeta_0)$ est, par hypothèse, le terme d'interaction entre les deux constituants. M. L. de Broglie a trouvé des solutions de (8) du type maxwellien ($\Psi^0_{31} = -\Psi^0_{42}$). Mais il n'existe pas de solutions du type non maxwellien [2] ($\Psi^0_{31} = \Psi^0_{42}$; $\Psi^0_{41} = \Psi^0_{32} = 0$). En effet, en vertu de (8) et en désignant simplement par ψ les deux fonctions égales Ψ^0_{31}, Ψ^0_{42},

$$(9) \qquad C\delta(\xi_0, \eta_0, \zeta_0)\psi = 0, \qquad \frac{\partial\psi}{\partial\xi_0} = \frac{\partial\psi}{\partial\eta_0} = \frac{\partial\psi}{\partial\zeta_0} = 0.$$

Ce résultat est à rapprocher de la remarque suivante. Soient n_0, n_l, n_λ le nombre de photons situés respectivement dans l'état annihilé o, l'état maxwellien l (onde plane monochromatique), l'état non maxwellien λ (onde plane monochromatique). L'étude de l'interaction entre la lumière et la matière montre que les seules transitions possibles sont celles où le photon passe de l'état o ou λ à l'état maxwellien l, et les transitions inverses. Les probabilités de ces transitions sont proportionnelles à $n_a(n_b+1)/n_0$, où a est l'état initial du photon et b son état final. On obtient les probabilités (finies) d'émission et d'absorption d'un photon maxwellien en faisant tendre n_0 vers l'infini. Comme d'autre part n_λ et n_l sont nécessairement finis, le facteur $n_a(n_b+1)/n_0$ est alors nul dans le cas des transitions $\lambda \rightarrow l$ et $l \rightarrow \lambda$. Selon la théorie actuelle de l'interaction entre la lumière et la matière, le photon non maxwellien n'aurait donc aucune action sur l'électron. Mais il n'est pas difficile d'écrire un opérateur d'interaction qui permettrait des transitions du photon d'un état annihilé vers un état non maxwellien.

CHALEUR. — *Tension de vapeur du lithium entre* 462° *et* 642°.

Note de Mlle **Marguerite Maucherat**, présentée par M. Aimé Cotton.

Hartmann et Schneider [1] ont déterminé la tension de vapeur du lithium par la mesure de sa température d'ébullition entre 931° et 1080° dans une atmosphère d'argon de pression variable.

Lester C. Lewis [2], en étudiant l'équilibre entre atomes et molécules dans les vapeurs de métaux alcalins par la méthode des jets atomiques, a

(2) Cette propriété nous a été suggérée par M. L. de Broglie.

(1) *Zeits. f. anorg. Chem.*, **180**, 1929, p. 280.

(2) *Zeits. Phys.*, **69**, 1931, p. 802.

été amené à tracer la courbe de tension de vapeur du lithium au voisinage de 600°. Il a trouvé des valeurs plus élevées que celles déduites par extrapolation des mesures de Hartmann et Schneider.

Bogros ([3]), utilisant également la méthode des jets atomiques entre 459° et 572°, a trouvé des valeurs de la pression coïncidant à peu près aux basses températures avec celles que l'on peut déduire par extrapolation des résultats de Hartmann et Schneider, mais qui leur sont inférieures aux températures élevées. Il pensait que cette divergence pouvait s'expliquer par les inégalités de température existant entre le lithium fondu et la paroi supérieure du creuset.

Sur les conseils de Bogros j'ai repris ses mesures en employant la même méthode qui consiste à mesurer le débit d'un jet atomique. Le lithium placé dans un creuset est chauffé dans le vide; le jet défini par deux diaphragmes est reçu sur une plaque refroidie puis dosé au moyen d'une solution d'acide sulfurique. Un chauffage supplémentaire du bouchon du creuset portant le premier diaphragme permet de maintenir celui-ci soit à la même température, soit à une température légèrement supérieure à celle du fond du creuset. Celui-ci, de petites dimensions ($22^{mm} \times 20^{mm}$), est entouré par une enveloppe de cuivre rouge afin d'avoir une température plus uniforme.

Je me suis préoccupée particulièrement de la pureté du lithium employé, plus exactement de l'absence de sodium dans le métal. Lester C. Lewis utilisait sans purification préalable du lithium (*Silberweiss Draht*) de Kahlbaum. J'ai trouvé qu'il contenait du sodium en quantité notable : si on l'introduit dans un appareil à jet atomique et si on le chauffe vers 650° la résonance du sodium est observable pendant plus de 2 heures. J'ai employé moi-même du lithium de même origine, mais en m'astreignant à ne l'employer qu'après l'avoir chauffé assez longtemps pour que la résonance ait disparu à peu près complètement. On contrôle ainsi par une méthode très sensible l'absence de sodium.

Le Tableau suivant résume les résultats :

t° C..........	462	476	486	497	515	538	547	550	555
p (baryes)....	1,1	1,8	2,9	4,8	5,9	10	14,1	17,9	18,7
t° C..........	563	576	581	595	597	601	610	642	–
p (baryes)....	22,6	30,9	50,8	64,4	42,4	88,3	79,9	208,5	–

([3]) *Ann. de Phys.*, 10e série, 17, 1932, p. 199-282.

La pression de vapeur du lithium peut se représenter par une formule à deux paramètres de la forme

$$\log_{10} p_{mm} = 8,012 - \frac{8172}{T},$$

où T désigne la température absolue.

Les valeurs trouvées sont en bon accord avec celles déduites des mesures de Hartmann et Schneider : les deux droites représentant, pour les deux séries de mesures, $\log p_{mm}$ en fonction de $10^3/T$, sont très sensiblement dans le prolongement l'une de l'autre.

Elles s'accordent aussi avec les résultats de Bogros aux basses températures et aux températures moyennes, mais elles sont plus grandes aux températures élevées.

L'écart entre les valeurs que j'ai trouvées et les résultats de Lester C. Lewis s'explique sans doute par la présence, dans le lithium qu'il employait, de sodium dont les tensions de vapeur sont beaucoup plus grandes.

La température d'ébullition du lithium sous la pression atmosphérique, déterminée par extrapolation des résultats aux températures élevées, est

$$\theta = 1530^{\circ}\mathrm{K}.$$

La chaleur de vaporisation du lithium, calculée au moyen de la formule de Clapeyron, est

$$L = 36600 \text{ calories par atome-gramme.}$$

MESURES ÉLECTRIQUES. — *Sur un dispositif automatique de correction du déplacement du zéro d'un galvanomètre.* Note [1] de M. **Jacques Tonnelat**, présentée par M. Jean Perrin.

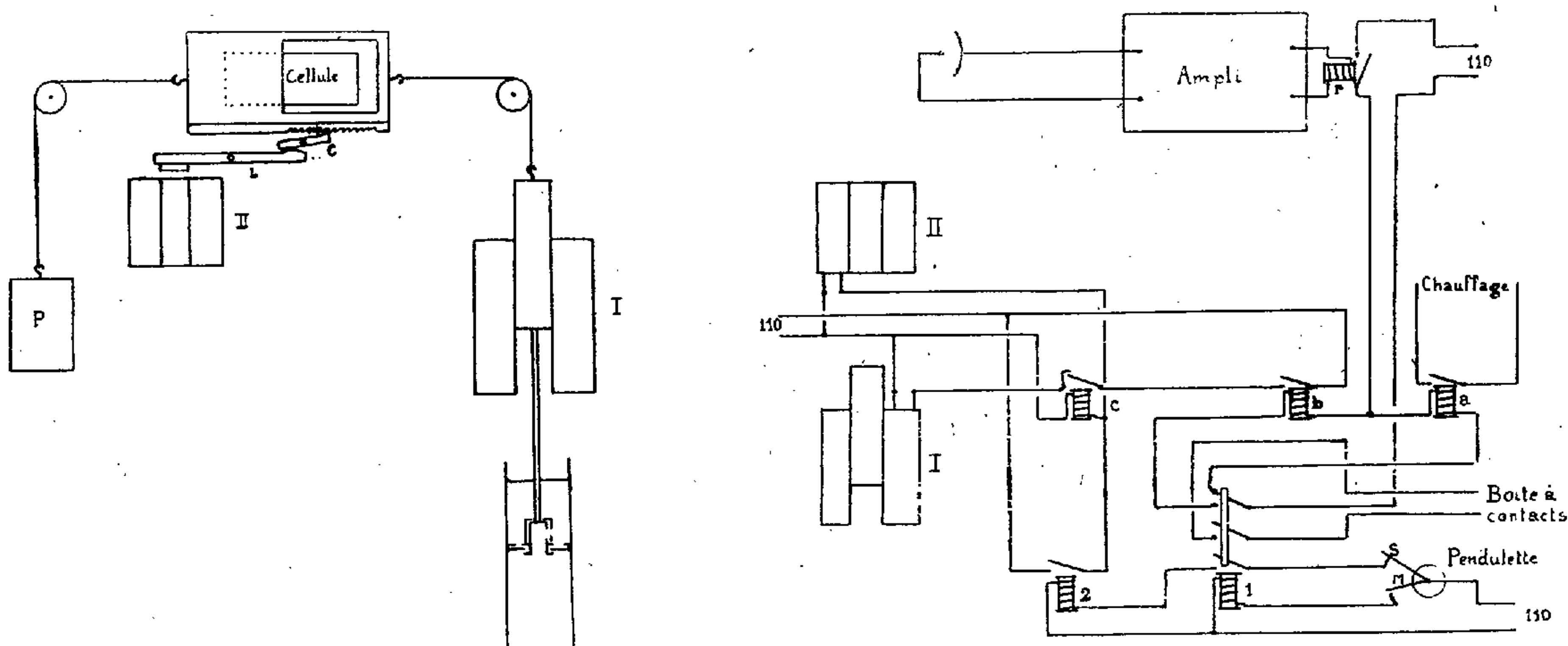
Il est difficile d'obtenir la stabilité du zéro d'un galvanomètre très sensible pendant une longue période, en raison des phénomènes de tassement et de dilatation thermique des supports et des murs. L'objet de cette Note est de décrire un dispositif que j'ai utilisé pour le réglage automatique d'un calorimètre adiabatique.

Le spot du galvanomètre tombe à l'équilibre sur le bord d'un écran. Le galvanomètre est connecté, par l'intermédiaire d'une boîte à contacts dans

[1] Séance du 6 février 1939.

l'huile à commande électromagnétique, avec un couple thermoélectrique dont l'une des soudures est plongée dans un bain. Lorsque ce bain se refroidit le faisceau lumineux dépasse le bord de l'écran et vient tomber sur une cellule photoélectrique. Le courant obtenu après amplification agit sur un relais *r* qui ferme un circuit de chauffage jusqu'à ce que le spot revienne sur l'écran. Des déplacements lents de quelques millimètres du zéro du galvanomètre amènent dans la régulation des pertubations qu'il s'agit de supprimer.

L'écran, monté sur deux glissières horizontales, est muni de deux crémaillères au pas de 1^{mm} décalées de $0^{mm},5$ l'une par rapport à l'autre.



Deux cliquets C engrenant avec ces crémaillères s'opposent à tout déplacement de l'écran vers la gauche (voir la figure) et peuvent ainsi immobiliser l'écran tous les demi-millimètres.

Une pendulette synchrone commande le mécanisme suivant :

A. L'aiguille des minutes vient fermer toutes les heures pendant une minute le circuit du relais multiple 1. Ce relais commande :

1° un inverseur : le relais *r* de l'amplificateur au lieu de fermer le circuit de chauffage par l'intermédiaire du relais *a*, ferme celui du relais *b* qui commande le circuit de l'électroaimant à plongeur I.

2° un interrupteur qui, par l'intermédiaire de la boîte à contacts électromagnétiques, met le galvanomètre en court-circuit.

3° un interrupteur qui ferme le circuit de l'aiguille des secondes.

B. Aussitôt après, l'aiguille des secondes vient fermer le circuit du relais 2 pendant 10 secondes.

Le relais c ouvre alors le circuit de l'électroaimant à plongeur pendant que l'électroaimant II fait basculer les cliquets à l'aide du levier L. L'écran ainsi libéré se déplace vers la gauche sous l'action du poids P. Le spot tombe alors sur la cellule, qui a une longueur supérieure aux déplacements du zéro à corriger. Le relais r de l'amplificateur se ferme.

C. Au bout de 10 secondes, temps nécessaire à la mise en équilibre du galvanomètre, le relais 2 est libéré et l'électroaimant I attire son noyau qui entraîne l'écran vers la droite. Le mouvement est freiné par un dash-pot à huile réglable muni d'une soupape, pour qu'il n'agisse que dans un seul sens.

Lorsque l'écran vient intercepter le flux lumineux issu du galvanomètre, le relais r de l'amplificateur s'ouvre entraînant l'ouverture du relais b : l'électroaimant I cesse d'attirer son plongeur et l'écran est immobilisé à $0^{mm},5$ près par l'un des cliquets.

Au bout d'une minute l'aiguille des minutes quitte le contact M et la régulation thermique reprend comme précédemment.

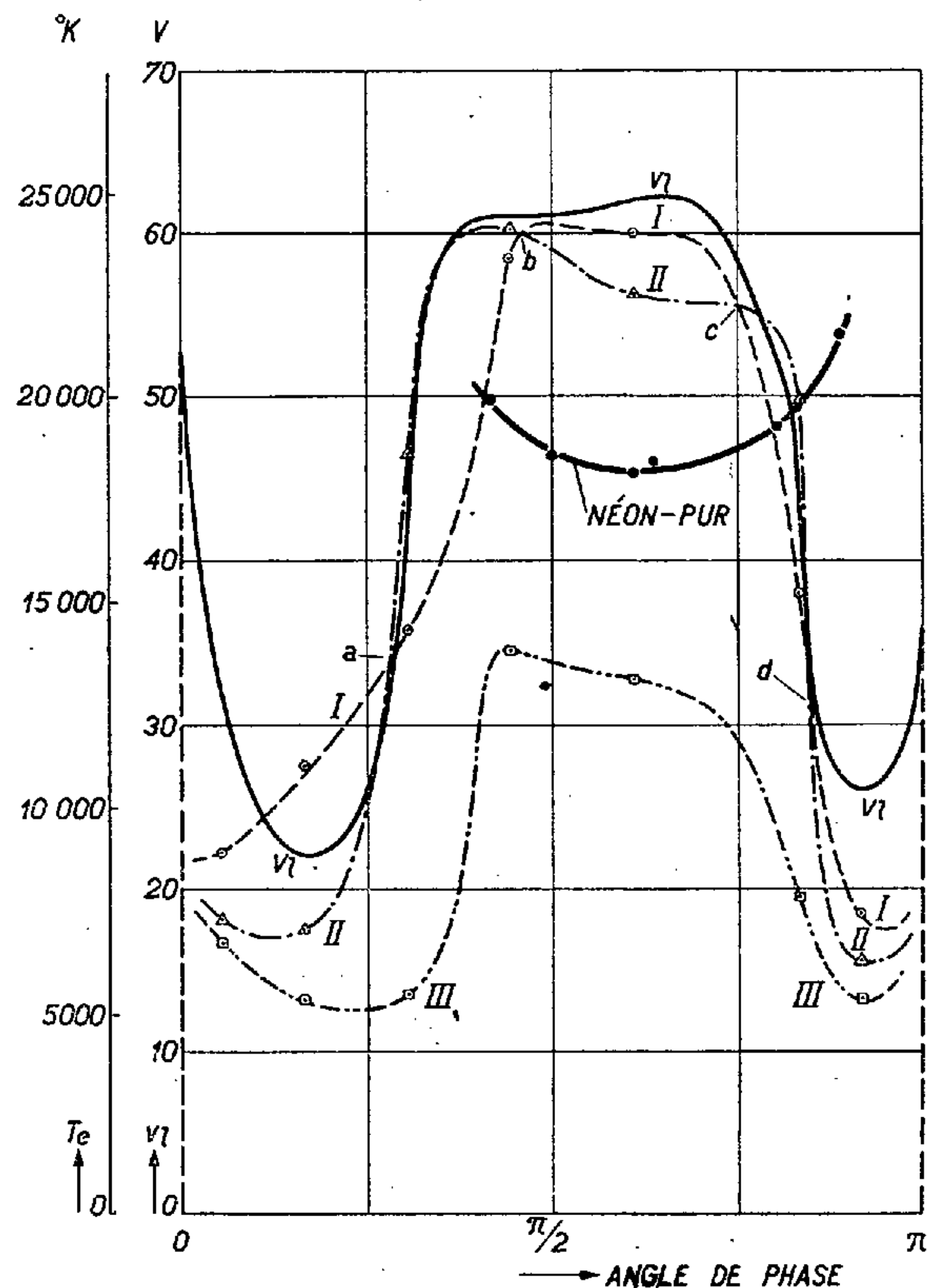
ÉLECTRONIQUE. — *Température des électrons* (T_e) *dans une décharge en colonne positive à courant alternatif* (50 *périodes par seconde*). *Mesures dans un mélange* Ne-Na (*lampes à vapeur de sodium*). Note (¹) de MM. **W. Uyterhoeven** et **C. Verburg**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Nous avons donné (²) quelques résultats de mesures effectuées sur une décharge en colonne positive dans un mélange de (Na-Ne) en courant continu. A cette occasion nous avons signalé que la température des électrons T_e n'était pas la même le long du rayon d'un tube cylindrique. Dans l'exemple cité elle était maximum près de la paroi, pour une température $t_W = 240°$ C. de celle-ci. Lorsque la température t_W augmente, l'endroit où se présente le maximum de T_e se rapproche de plus en plus de l'axe. Ces mesures en courant continu étaient faites à courant constant et température t_W, c'est-à-dire vitesse d'évaporation du sodium variable.

Au moyen de la méthode décrite récemment (³) nous avons fait des

(¹) Séance du 30 janvier 1939.
(²) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1498.
(³) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1386.

mesures analogues sur des décharges en colonne positive dans un mélange (Na-Ne) en courant alternatif. Dans celles-ci la température de la paroi t_w reste pratiquement constante à cause de la capacité thermique du verre. Il en est de même, en première approximation toutefois, de la vitesse d'évaporation du sodium, mais la densité de courant varie fortement, de zéro à



Allure de la température des électrons T_e, en fonction de l'angle de phase, dans une décharge (Ne-Na) le long d'un rayon dans un tube cylindrique : I, dans l'axe; II, à mi-distance; III, près de la paroi. v_l, valeur instantanée de la tension aux bornes de la décharge. Diamètre intérieur : D_1, 11^{mm}, $I_l = 0{,}63$ A (valeur effective). Température de la paroi $t_W \sim 275°$ C. $p_{Ne} = 10^{mm}$. Les points reliés par la courbe marquée *néon pur* donnent T_e dans une décharge identique, mais sans sodium.

la valeur maximum correspondant à la valeur instantanée maximum du courant I_l.

D'après l'interprétation que nous avons donnée des phénomènes spéciaux qui se présentent dans une décharge Ne-Na, par exemple, ceux-ci seraient dus à une accumulation de la composante facilement ionisable dans une

couche mince près de la paroi. L'épaisseur de cette couche dépend principalement du rapport de la vitesse d'évaporation à la densité de courant. En courant alternatif l'épaisseur varie donc périodiquement avec le courant, elle est minimum lorsque ce dernier est maximum. En courant continu constant cette épaisseur augmente, lorsque la température t_w de la paroi s'accroît.

La figure donne la variation de T_e dans une décharge (Ne-Na) en différents endroits le long d'un rayon (I dans l'axe, II à mi-distance, III près de la paroi) en fonction de l'angle de phase, ainsi que la tension aux bornes v_l. L'allure des courbes se comprend aisément en utilisant l'interprétation rappelée précédemment.

Au début de la phase le sodium est réparti dans toute la section, la décharge se passe principalement dans le sodium et T_e est pratiquement la même pour I, II et III. A mesure que le courant augmente, le sodium disponible diminue par l'ionisation, et cela en premier lieu dans l'axe, par suite de la distribution de la densité de courant, qui y présente un maximum.

La courbe I monte rapidement, pour l'angle de phase augmentant, puis la courbe II et enfin la courbe III. Cette augmentation de T_e est due au fait que par suite du manque de Na la décharge se passe de plus en plus dans le néon. Vers la fin de la demi-période ces phénomènes se produisent dans l'ordre inverse, et finalement pour un courant faible les trois courbes I, II, III se rapprochent, la décharge passant de nouveau dans le Na.

On remarquera qu'entre les points $a - b$ et $c - d$ la courbe II est au-dessus de la courbe I. Dans les mesures en courant continu nous avions trouvé [3] que T_e présente un maximum au bord intérieur de la couche de sodium. En courant alternatif, ce bord se déplace de l'axe vers la paroi et vice versa ; entre les points $a - b$ et $c - d$ il passe à mi-distance axe-paroi.

Le manque de symétrie des courbes est dû au fait que le courant n'est pas sinusoïdal pur, mais présente son maximum pour un angle de phase un peu plus grand que $\pi/2$.

---

[3] Communication au *XXX*e *Natuur-en Geneeskundig Congres*, à Louvain, 24 avril 1938 (sous presse).

ÉLECTRONIQUE. — *La viscosité de l'air et la charge électronique.* Note de M. **André Fortier**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Le désaccord classique entre les valeurs de la charge électrique élémentaire e données respectivement par les mesures des longueurs d'onde des rayons X ([1]) [$e_1 = (4,8029 \pm 0,0005)\ 10^{-10}$ u. e. s.] et par la méthode de la goutte d'huile en suspension dans un champ électrostatique ([2]) [$e_2 = (4,770 \pm 0,005)\ 10^{-10}$ u. e. s.], est actuellement attribué à l'inexactitude de la valeur $\mu_{23^\circ} = (1822,6 \pm 1,7)\ 10^{-7}$ c. g. s. adoptée par Millikan pour la viscosité de l'air.

J'ai songé à employer, pour une mesure absolue du coefficient de viscosité de l'air, une modification de la méthode que j'avais utilisée dans un travail antérieur ([3]) pour des mesures relatives.

L'air convenablement desséché traverse successivement :

1° un viscosimètre de Poiseuille, constitué par un tube capillaire soigneusement calibré entre les extrémités duquel est branché un manomètre différentiel ([4]) donnant la perte de charge avec une précision meilleure que 1/10000e;

2° un régulateur de débit ([5]) constitué par une minuscule tuyère supersonique qui assure un débit rigoureusement constant à travers le viscosimètre;

3° un gazomètre constitué par une capacité en verre d'environ 3750^{cm^3} donnant par détermination de la pression au début et à la fin d'un intervalle de temps connu, de l'ordre de 100 secondes, la masse d'air ayant dans cet intervalle traversé le viscosimètre.

Si la pression à l'aval de la tuyère reste constamment inférieure à la moitié de la pression amont, cette tuyère constitue une véritable barrière empêchant toute réaction du gazomètre aval sur l'écoulement dans le capillaire ; dans ces conditions la différence de pression entre les extrémités du capillaire reste absolument constante pendant toute la durée des mesures. D'autre part, afin de pouvoir effectuer à loisir les mesures de pression, le

---

(1) R. T. Birge, *Nature*, n° 3457, 137, 1936, p. 187.
(2) Millikan, *Phys. Rev.*, 35, 1930, p. 1231.
(3) A. Fortier, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1330.
(4) A. Fortier, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 2142.
(5) A. Fortier, *Thèse*, Paris, 1937, et *Publications du Ministère de l'Air*, n° 111.

gazomètre et son manomètre peuvent être isolés de l'ensemble de l'appareil au moyen de robinets dont l'instant de fermeture est enregistré électriquement avec une précision de l'ordre de 1/50e de seconde.

J'ai ainsi obtenu $\mu_{23^\circ} = (1834,1 + 1,9)10^{-7}$ c. g. s., conduisant pour e à la valeur $e = (4,813 \pm 0,010)10^{-10}$ u. e. s., en bon accord avec la valeur donnée par les rayons X. Le détail des mesures sera donné dans une autre publication.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur un procédé d'enregistrement des diagrammes de diffraction électronique.* Note de M. **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Les temps de pose utilisés pour l'enregistrement des diagrammes électroniques sont extrêmement courts, comparativement à ceux nécessaires pour les diagrammes de rayons X; avec des plaques de sensibilité moyenne, ces temps dépassent rarement une seconde.

Dans beaucoup de mesures, il est nécessaire d'enregistrer des anneaux ou taches de diffraction aussi fins que possible; or les électrons, en frappant la couche sensible, font naître des rayons X secondaires au voisinage des points d'impact, d'où élargissement très notable au cours du développement, de sorte qu'il est pratiquement impossible de connaître la largeur réelle des faisceaux diffractés.

Afin de permettre d'obtenir celle-ci, j'ai utilisé le phénomène de solarisation. Pour cela, les plaques photographiques (grains fins) sont simplement surexposées; les durées de pose atteignent alors, suivant les cas, une à quelques minutes. Le bromure d'argent ainsi solarisé n'est plus immédiatement développable, et la plaque, une fois développée et fixée, reste transparente uniquement aux endroits frappés par les électrons; l'ensemble du cliché étant noir, du fait des rayons X et électrons diffusés au cours de l'expérience.

Les impressions ainsi obtenues sont extrêmement fines et correspondent à la *dimension réelle* des faisceaux diffractés. Il est d'ailleurs inutile de s'astreindre à travailler dans l'obscurité; la plaque peut être manipulée à la lumière artificielle avant et après enregistrement électronique, ce qui constitue une grande simplification. Il est probable que ce procédé pourrait être avantageusement utilisé en spectroscopie X ou de masse, à condition de pouvoir disposer de temps de pose suffisamment longs pour obtenir la solarisation.

En prolongeant les temps d'exposition (1 heure et au-dessus) aux électrons, on constate que les points d'impact des faisceaux directs et diffractés apparaissent sous forme de traces brunes directement visibles sur l'émulsion. Ces traces sont dues à l'argent réduit en quantité importante, et aussi à un dépôt local de carbone; ce dernier phénomène, signalé par Henderson ([1]) dans le cas d'électrons lents, a été expliqué par Henriot et Goche ([2]) et est dû à la décomposition par chocs électroniques des vapeurs hydrocarbonées toujours présentes dans des appareils comportant des joints graissés. J'indiquerai d'ailleurs, dans un autre Recueil, une série d'observations relatives à ce phénomène.

OPTIQUE. — *Étude des luminosités d'explosion.* Note ([1]) de MM. **Henri Muraour, Albert Michel-Lévy** et **Jean Rouvillois**, présentée par M. Charles Fabry.

1. Deux d'entre nous ont montré qu'en faisant détoner dans l'argon une petite quantité d'un explosif brisant placé dans une rigole circulaire et à l'intérieur d'un cylindre de cellophane, fermé à sa partie supérieure par un bloc métallique creusé d'une cavité conique, on observe, à la sortie du tube qui prolonge la pointe du cône, une intense luminosité. Si, sur cette luminosité, on dirige la fente d'un spectrographe, on obtient un spectre analogue à un spectre d'arc, dans lequel de nombreuses raies apparaissent en absorption. La présence de l'argon est indispensable pour l'obtention d'une luminosité intense; dans l'hélium, dans l'air et surtout dans l'acide carbonique, les luminosités sont beaucoup plus faibles.

Trois hypothèses peuvent être formulées :

1° Les atomes d'argon, excités au passage de l'onde de choc, excitent à leur tour les atomes métalliques par chocs de seconde espèce.

2° Au passage de l'onde explosive, dans l'intérieur de l'explosif, l'équilibre thermodynamique n'a pas le temps de s'établir. Certains atomes, ou groupes d'atomes, peuvent ainsi posséder une énergie bien supérieure à l'énergie moyenne qui correspondrait à la température d'explosion

---

([1]) *Phys. Rev.*, 29, 1927, p. 360.

([2]) E. Henriot, O. Goche et F. Dony-Hénault, *J. de Phys.*, 7, 1931, p. 1; O. Goche, *Thèse*, Bruxelles, 1933.

([1]) Séance du 6 février 1939.

calculée. Ce sont ces atomes, ou groupes d'atomes, qui excitent ensuite les atomes métalliques.

3° Les phénomènes lumineux observés ont simplement pour origine l'érosion du cône métallique par les gaz de l'explosion.

2. Pour vérifier cette dernière hypothèse, il suffit d'utiliser la *bombe à érosion* de Vieille. Cette bombe est à trois tubulures dont l'une porte un cylindre d'acier percé d'un canal cylindrique de 1^{mm} de diamètre (grain d'érosion), par où s'échappent les produits de la combustion de la poudre. La charge était constituée par 4^g de dynamite gomme à 93 pour 100 de nitroglycérine et par une petite amorce de poudre noire; il y avait donc *combustion* et non *détonation* de l'explosif.

A volume constant, la température des gaz émis est théoriquement voisine de 4000° K. Elle est du même ordre que la température des gaz émis par les explosifs utilisés dans les expériences de détonation dans l'argon. Dans ces dernières expériences le poids d'explosif ne dépasse pas $0^g,6$ et le diamètre du tube par lequel s'échappent les produits de la combustion est non pas de 1^{mm} mais de 8^{mm}.

Les phénomènes d'érosion proprement dits sont beaucoup plus intenses en opérant avec le dispositif de Vieille que dans les essais effectués avec le cylindre de cellophane.

Deux séries d'expériences ont été exécutées :

1° On a photographié dans l'obscurité le jet gazeux lumineux qui s'échappe du grain d'érosion, l'objectif restant ouvert à 2,5, pendant toute la durée du phénomène ([2]). La tubulure portant le grain d'érosion était entourée d'un cylindre de cellophane de 20^{cm} de diamètre et de 50^{cm} de hauteur, permettant d'opérer dans différents gaz. Les tirs exécutés dans l'acide carbonique, dans l'azote et dans l'argon n'ont mis en évidence *aucune différence notable de luminosité*. Dans l'air, la luminosité est légèrement plus forte, sans doute par suite de la combustion par l'oxygène de l'air de l'enveloppe de cellophane.

Ces résultats sont *essentiellement différents* de ceux observés lors de la détonation des explosifs brisants dans les mêmes gaz, les luminosités étant alors très faibles dans l'acide carbonique et très puissantes dans l'argon.

Le mode de décomposition de l'explosif, combustion ou détonation, joue donc un rôle capital dans les phénomènes observés.

([2]) L'un de nous avait autrefois publié des photographies obtenues dans les mêmes conditions, le jet gazeux s'échappant à l'air libre. Voir H. Muraour, *Mémorial de l'Artillerie française*, 12, 1933, p. 125.

2° Toujours avec le même dispositif, dans l'argon, on a braqué sur le maximum de luminosité la fente d'un spectrographe à optique de quartz en utilisant des grains d'érosion en acier, en cuivre et en aluminium.

Avec les grains d'acier et de cuivre, les plaques n'ont enregistré qu'un spectre continu très faible, sans raies métalliques. Avec le grain en aluminium, on a obtenu un fond continu plus intense sur lequel se détachent, en émission, les raies 3961 Å-3944 Å et 3093 Å-3082 Å de l'aluminium non ionisé ([3]).

Ici encore les résultats obtenus sont totalement différents de ceux observés en faisant *détoner* des explosifs brisants dans le cylindre de cellophane rempli d'argon et terminé par un cône métallique d'acier, de cuivre ou d'aluminium. Bien que la durée de la luminosité soit près de 100 fois plus grande dans les expériences de combustion que dans les expériences de détonation, on n'obtient plus, avec le dispositif de Vieille, les spectres intenses, avec les nombreuses raies en absorption.

3. *Conclusions.* — De l'ensemble des expériences exécutées on peut tirer les conclusions suivantes :

1° L'influence considérable qu'exercent les gaz étrangers, et en particulier l'argon, sur l'intensité des phénomènes lumineux, ne s'observe que s'il y a *détonation* et non simple *combustion* de l'explosif.

2° Les spectres obtenus suivant la méthode du cône métallique précédemment décrite ([4]) n'ont certainement pas pour origine un simple phénomène d'érosion du cône par les gaz d'explosion.

SPECTROSCOPIE. — *Décharge lumineuse dans l'azote en présence de chlorure de sodium.* Note de M. **Georges Déjardin**, présentée par M. Charles Fabry.

Le tube à décharge est une ampoule de silice fondue (diamètre 75^{mm}, longueur 100^{mm}) disposée suivant l'axe d'un enroulement hélicoïdal formé

([3]) En ce qui concerne cette dernière expérience, il est à remarquer que le cylindre d'aluminium a subi une érosion massive, avec formation d'alumine. En fait, il y a eu non simple érosion mécanique, mais combustion de l'aluminium dans l'acide carbonique et dans la vapeur d'eau des gaz de la poudre, avec élévation considérable de la température des gaz.

Dans les expériences de *détonation* et vu le faible poids d'explosif utilisé et le fort diamètre du tube par lequel s'échappent les gaz, ces phénomènes d'érosion avec combustion ne s'observent pas.

([4]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1566.

de 4 spires de 135^{mm} de diamètre. Cet enroulement est parcouru par un courant de haute fréquence (intensité de l'ordre de 20 amp.) obtenu à l'aide d'un générateur à lampe triode produisant des oscillations de fréquence égale à 5.10^5 cycles par seconde. Une petite quantité de chlorure de sodium (solution saturée) est déposée sur la paroi interne de l'ampoule, avant de raccorder celle-ci à la canalisation de vide, à l'aide de verres intermédiaires et sans aucun masticage. Toutes les précautions sont prises (étuvage prolongé, chauffage direct au chalumeau) pour éliminer les gaz occlus et dessécher complètement le chlorure de sodium. Après admission d'azote sec ([1]), en présence d'air liquide, l'ampoule est scellée et placée, à l'intérieur de l'enroulement inducteur, devant la fente du spectrographe.

I. *Pression voisine de* 1^{mm} *de mercure.* — La luminosité remplit l'atmosphère de l'ampoule et présente, surtout au voisinage de la paroi, une teinte *lilas* assez prononcée. Dans l'intervalle 6600-2300 Å, le spectre comprend les premier, second et quatrième systèmes positifs de l'azote, ainsi que le système négatif, intense et bien développé vers les grandes longueurs d'onde (5865, 5228 et 5149 Å). On distingue aussi sur les clichés une vingtaine de raies figurant parmi les plus intenses de NII. Dans l'ultraviolet, les bandes $N_2(4P)$ sont accompagnées des bandes $NO\gamma$, d'ailleurs un peu plus intenses. Les bandes de OH(3064 Å) et de NH(3360 Å) n'apparaissent sur aucun spectrogramme. Enfin, dans la région la moins réfrangible du spectre visible (6600-5200 Å), se manifestent d'autres radiations dont l'intensité varie notablement d'une pose à une autre :

1° Entre 5240 et 6500 Å, les bandes rouges du cyanogène dépassent en intensité celles du système N_2 (1 P) et les recouvrent partiellement. On reconnaît aisément les bandes 5240-5255, 5355-5371, 5475-5491, 5599-5616, 5859-5878, 5993-6013 et 6134-6154 Å, dont Fowler et Shaw ([2]) ont signalé l'exaltation dans l'azote actif. Au contraire, les bandes 6192-6214 et 6333-6355 Å sont nettement moins développées ([3]). Ces particularités s'expliquent par la production d'azote actif, c'est-à-dire l'intervention de molécules et d'atomes métastables d'azote.

([1]) L'azote utilisé avait été rigoureusement desséché, mais contenait de faibles traces d'oxygène. Les impuretés carbonées semblent provenir du chlorure de sodium.

([2]) *Proc. Roy. Soc. London*, A, 86, 1912, p. 118.

([3]) Dans l'ultraviolet les bandes de CN, qui demeurent faibles, sont masquées par celles de l'azote, à l'exception de $\lambda = 4216$ Å.

2° Se détachant nettement sur la bande (9,5) du système N_2 (1 P), on distingue les raies D_1 et D_2 du sodium, la seconde avec une intensité plus grande ainsi que dans les conditions habituelles d'excitation. Aucun doute ne peut subsister sur l'identification de ces raies, dont l'intensité dépend de l'orientation de l'ampoule par rapport au spectographe.

Les autres raies intenses du sodium (par exemple 3303 et 5685 Å) ne peuvent être décelées sur les clichés, même avec des durées de pose de 4 à 8 heures. Cependant, la production de sodium libre, sous l'action de la décharge, est loin d'être négligeable. Le sel qui tapisse la paroi de l'ampoule acquiert, au bout de quelques heures, une coloration bleue qui devient ensuite de plus en plus foncée. Après 50 heures de fonctionnement, l'ampoule a été ouverte, et son contenu repris par de l'eau distillée bouillie. Le liquide ainsi obtenu était franchement alcalin; un dosage approximatif a révélé, pour un poids total de $0^g,2$ de chlorure de sodium, la présence d'une quantité de soude de l'ordre du dixième de milligramme.

L'excitation simultanée, avec une intensité relative importante, des bandes rouges de CN et des raies D, suggère la possibilité d'attribuer ces phénomènes à la présence de l'azote actif. A cet égard, on peut noter que l'énergie libérée dans le retour à l'état normal d'une molécule métastable d'azote $A^3\Sigma$ (6,1 eV) est supérieure à l'énergie de dissociation de la molécule NaCl (4,2 eV) (4). De nouvelles expériences, effectuées dans les mêmes conditions avec d'autres gaz, permettront de vérifier cette hypothèse ou conduiront à rechercher une autre interprétation (5).

II. *Pression voisine de* 8^{mm} *de mercure.* — Pour stabiliser la décharge, il convient de fixer sur l'ampoule un anneau métallique relié au sol. La luminosité obtenue est alors moins diffuse et d'une coloration bleu violet plus accusée. Son spectre diffère du précédent par le renforcement des bandes N_2(1 P), N_2(2 P) et NOγ, et l'affaiblissement des systèmes N_2^+ et N_2(4 P). Les bandes rouges de CN sont *absentes* et les raies D *beaucoup moins intenses* qu'à faible pression. Elles sont légèrement renforcées lorsqu'on porte l'ampoule à une température assez élevée (100 à 200° C.). Leur existence n'est cependant pas douteuse. D'ailleurs, la surface du dépôt salin se colore rapidement et la liqueur obtenue en rinçant le ballon à l'eau distillée présente une réaction nettement alcaline.

---

(4) H. Beutler et H. Levi, *Zeits. Phys. Chemie*, 24, B, 1934, p. 263.

(5) Voir P. M. Duffieux, *Bulletin de la Société scientifique de Bretagne*, 15, 1938, p. 1.

Ces expériences doivent être rapprochées des observations récentes de Mc Neill (⁶); elles en diffèrent cependant sur divers point essentiels.

OPTIQUE. — *Considérations théoriques sur le signe du photodichroïsme.* Note [1] de M. **Serge Nikitine**, transmise par M. Pierre Weiss.

J'ai développé précédemment la théorie du photodichroïsme [2] et j'ai montré qu'elle expliquait l'allure générale des phénomènes [3]. En reprenant les notations employées précédemment, la première conséquence de la théorie est qu'en général $K_x < K_y$ après une insolation en lumière polarisée vibrant suivant *ox* [2]. Le photodichroïsme qui en résulte et qu'on écrit $(K_x - K_y)$ est *négatif*. Mais j'ai remarqué dès ma première publication [2] que, sous certaines conditions spéciales, on pouvait prévoir l'apparition d'un photodichroïsme *positif*. Un tel effet a été observé par F. Weigert [4]. Je me propose de donner ici le principe général de la théorie du photodichroïsme *positif*.

Comme précédemment, je schématiserai à l'extrême les raisonnements. Supposons que les seuls états quantiques possibles des molécules du colorant envisagé soient l'état normal d'énergie E_0 et deux états activés d'énergies E_1 et E_2. Le colorant ne pourra absorber que deux radiations de fréquences $\nu_1 = (E_1 - E_0)/h$ et $\nu_2 = (E_2 - E_0)/h$, la transition $E_1 \rightleftharpoons E_2$ étant impossible. L'absorption de chacune de ces deux fréquences correspondra à l'excitation d'un oscillateur électrique, linéaire, amorti, V_1 pour l'une, V_2 pour l'autre; je désigne par Θ l'angle invariable formé par ces deux oscillateurs appartenant à la même molécule. Je supposerai que les transitions inverses $E_1 \rightarrow E_0$ et $E_2 \rightarrow E_0$ soient empêchées par une réaction photochimique, dont le produit est un corps incolore. Ces hypothèses correspondent au pâlissement du colorant simultanément pour les deux radiations ν_1 et ν_2 qu'il est capable d'absorber, même si l'on ne l'insole

---

[6] *Phil. Mag.*, 25, 1938, p. 471.

[1] Séance du 6 février 1939.

[2] S. Nikitine, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 973; 206, 1938, p. 1219; 207, 1938, p. 331; voir aussi G. Ungar, *Zs. phys. Chem.*, B, 38, 1938, p. 427.

[3] S. Nikitine, *Bull. Soc. fr. Phys.*, 421, 1938, p. 105; *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 462 : multiplier les ordonnées de la courbe par 2, *lire* $\varepsilon = 0,17$.

[4] F. Weigert et E. Elvegård, *Zs. phys. Chem.*, 4, 1929, p. 239; F. Weigert et M. Nakashima, *ibid.*, p. 258.

qu'avec une seule des deux radiations. En effet, l'insolation avec chacune d'elles produit un dépeuplement du niveau fondamental E_0, qui est le niveau de départ en même temps des deux absorptions.

Le pâlissement par *insolation indirecte* est facile à observer. En particulier une plaque recouverte de collodion teint à la cyanine, exposée dans un spectrographe au spectre du mercure, permet d'observer, après une pose plus ou moins longue, la trace par décoloration d'un grand nombre de raies ultraviolettes et visibles du mercure.

Envisageons une couche plane disposée suivant oxy, constituée par un support isotrope et transparent et de N_0 molécules du colorant étudié par unité de volume, immobiles et orientées au hasard. Insolons cette couche avec de la lumière monochromatique de fréquence ν_1, par exemple, se propageant suivant oz et dont le vecteur électrique est dirigé suivant ox. Chaque fois qu'une molécule passe au niveau supérieur E_1 par absorption d'un quantum et est transformée, il disparaît en même temps un vibrateur V_1 et le vibrateur V_2 appartenant à la même molécule. Il apparaît alors un photodichroïsme par insolation *directe* pour la radiation ν_1, comme je l'ai montré (²) et un photodichroïsme *indirect* pour la radiation ν_2, car les vibrateurs V_2 qui subsistent après l'insolation sont répartis d'une façon anisotrope en direction.

Le calcul fournit pour le pâlissement indirect pour la radiation ν_2 les coefficients d'absorption

$$K_x^i(\nu_2) = K_0(\nu_2)\int\left[\sin^2\beta\cos^2\alpha\left(1-\frac{3}{2}\sin^2\theta\right)+\frac{1}{2}\sin^2\theta\right]\frac{dN(V_1)}{N_0},$$

$$K_y^i(\nu_2) = K_0(\nu_2)\int\left[\sin^2\beta\sin^2\alpha\left(1-\frac{3}{2}\sin^2\theta\right)+\frac{1}{2}\sin^2\theta\right]\frac{dN(V_1)}{N_0},$$

où $K_0(\nu_2)$ est la valeur commune de $K_x^i(\nu_2)$ et $K_y^i(\nu_2)$ avant l'insolation, où $dN(V_1)$ est défini par la répartition des vibrateurs V_1 après l'insolation avec la radiation ν_1, α et β définissent la direction d'un vibrateur V_1 et l'intégration s'étend à toutes les orientations de V_1 [voir (²)].

Le photodichroïsme indirect est alors donné par la formule simple

$$\frac{K_x^i(\nu_2)-K_y^i(\nu_2)}{K_0(\nu_2)} = \left(1-\frac{3}{2}\sin^2\theta\right)\frac{K_x(\nu_1)-K_y(\nu_1)}{K_0(\nu_1)},$$

où les coefficients K sans indice i correspondent au pâlissement direct et sont calculés comme je l'ai montré précédemment (²). Cette formule montre que si $\sin^2\theta < 2/3$, le photodichroïsme indirect a le signe du photodichroïsme direct; pour $\sin^2\theta = 2/3$ il est nul, et enfin pour $\sin^2\theta > 2/3$ il

a le signe contraire du photodichroïsme direct, c'est-à-dire il est *positif*. Cette théorie montre donc la possibilité d'apparition d'un photodichroïsme *positif*, mais à condition qu'il apparaisse par *insolation indirecte*.

Si l'on prend une couche identique et qu'on effectue une insolation en lumière monochromatique de fréquence ν_2, le rôle des radiations ν_1 et ν_2 sera permuté et l'on trouvera un photodichroïsme direct et *négatif* pour ν_2 et un photodichroïsme indirect et *positif*, si $\sin^2\theta > 2/3$, pour ν_1. *Pour une même radiation* le photodichroïsme peut donc être de signes contraires, suivant qu'il apparaît par insolation *directe* ou *indirecte*. Ce sont précisément les résultats qualitatifs qu'on peut dégager des expériences de F. Weigert ([4]). Enfin cette théorie montre qu'il n'est pas justifié en général d'appliquer la théorie simple ([2]) au cas où l'insolation et l'observation ne font pas intervenir les mêmes fréquences ([5]).

Notons enfin que des absorptions correspondant à l'excitation indépendante de deux vibrateurs appartenant à une même molécule et faisant un certain angle entre eux sont à la base de la théorie de la fluorescence polarisée négativement des solutions visqueuses ([6]). Nous n'avons donc fait appel à aucune hypothèse nouvelle.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Chaleur spécifique et densité de l'huile de ricin et d'une huile minérale, type aviation, à diverses températures.* Note de M. **René Delaplace**, présentée par M. Jean Perrin.

Au cours de l'étude du délicat problème du graissage et du refroidissement des moteurs d'aviation, la diversité des chiffres actuellement connus pour les chaleurs spécifiques nous a amené à mesurer celles-ci avec toute la rigueur possible dans un grand intervalle de températures.

Mesure des chaleurs spécifiques. — Pour la mesure de la chaleur spécifique de l'huile de ricin et d'une huile minérale type aviation à des températures supérieures à 50°, nous avons utilisé de petites bouteilles en aluminium pur pesant entre 9g et 10g, contenant environ 45g d'huile. Pour permettre un échange rapide de température, ces bouteilles de forme cylindrique étaient gaufrées perpendiculairement aux génératrices. Pour la détermination des chaleurs spécifiques à 0°, nous avons utilisé des bouteilles du même type contenant environ 210g d'huile de ricin ou d'huile minérale et dont le poids à vide était de 29g à 30g d'aluminium.

([5]) Comparer avec G. Ungar, *loc. cit.*

([6]) F. Perrin, *Ann. de Phys.*, 12, 1929, p. 169.

Nous avons cherché à obtenir un équilibre de température parfait entre les corps organiques au point d'ébullition fixe utilisés dans la jaquette thermostatique et l'huile de ricin ou l'huile minérale. L'expérience nous a montré qu'après 6 heures, à l'intérieur de la jaquette thermostatique, le système bouteille d'aluminium-huile avait une température parfaitement déterminée et égale à celle de la jaquette thermostatique utilisée.

Les températures d'ébullition constantes que nous avons adoptées dans ces mesures ont été

0° glace fondante; 56° acétone; 78° alcool absolu; 100° vapeur d'eau bouillante; 114° alcool butylique normal; 136° métaxylène; 184° aniline; 210° nitro-benzène.

L'ensemble des résultats obtenus est rassemblé dans le tableau suivant.

	Chaleurs spécifiques.										
Température	0.	20.	40.	56.	78.	100.	114.	136.	150.	184.	210.
Huile de ricin	0,424	0,446	0,468	0,485	0,501	0,515	0,523	0,533	0,536	0,544	0,553
Huile minérale (type aviation)	0,400	0,423	0,446	0,464	0,483	0,501	0,505	0,515	0,522	0,532	0,540

Mesure des densités (1). — Pour déterminer les densités de l'huile de ricin et de l'huile minérale (type aviation) à des températures comprises entre 0° et 150° environ, nous avons utilisé un dilatomètre en pyrex dont les graduations permettaient la lecture facile au 1/500e de centimètre cube près.

Les lectures ont été effectuées au cathétomètre dans un vase Dewar non argenté. Nous avons pris la précaution, pour chacune des huiles, de les dégazer soigneusement dans le vide à une température de 100° environ. Il nous fut cependant impossible de mesurer avec certitude la densité de l'huile minérale au-dessus de 150°, par suite d'un très léger dégagement gazeux qui provoquait quelques bulles gênantes pour la lecture précise du ménisque dans le dilatomètre.

Les chiffres obtenus se placent pour les deux huiles sur une ligne droite.

Le tableau ci-dessous donne l'ensemble des résultats obtenus.

	Densité.								
Température	0°.	15°.	38°.	51°.	67°.	100°.	126°.	154°.	174°.
Huile de ricin	0,972	0,962	0,946	0,937	0,926	0,906	0,888	0,870	0,856
Huile minérale (type aviation)	0,897	0,887	0,873	0,866	0,856	0,836	0,820	0,803	0,791 (extrapolée)

(1) Les valeurs de la densité de l'huile de ricin à 0° et à 100° coïncident avec celles déterminées par M. Roy dans *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, n° 40.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la formation et la dissociation du peroxyde de strontium.* Note de MM. **Carsten Holtermann** et **Paul Laffitte**.

Nous avons étudié le système $SrO - O^2$, en vue, d'une part, d'obtenir le peroxyde de strontium par oxydation directe de SrO et, d'autre part, d'étudier la réaction réversible de dissociation de SrO^2.

On sait que l'on prépare habituellement SrO^2, par voie humide, par action de l'eau oxygénée sur SrO, ce qui donne l'hydrate $SrO^2, 8H^2O$. Mais l'obtention finale d'un produit anhydre et exempt de $Sr(OH)^2$ est délicate, car lors de la déshydratation il se produit la réaction



$$2SrO^2 + 2H^2O \rightarrow 2Sr(OH)^2 + O^2,$$

dont la vitesse est déjà appréciable à la température ordinaire. D'autre part on a quelquefois tenté de préparer SrO^2 par oxydation directe de SrO sous pression; cependant on n'a jamais obtenu de produits renfermant plus de 15 pour 100 de SrO^2 [expériences de Fischer et Ploetze (1)]. Mais, sous des pressions de 200 à 250^{atm} d'oxygène et au voisinage de 350-400° C., nous avons réussi à préparer du peroxyde à 99,2-99,5 pour 100 de SrO^2, à la condition essentielle de partir d'un produit initial rigoureusement exempt d'hydroxyde et de carbonate et d'utiliser de l'oxygène soigneusement desséché.

Nous avons alors pu étudier aux pressions inférieures à une atmosphère, et dans les deux sens de la réaction, l'équilibre



$$(1) \qquad 2SrO + O^2 \rightleftharpoons 2SrO^2 + Q \text{ cal}.$$

La vitesse de dissociation de SrO^2 étant extrêmement faible aux températures correspondant à des tensions inférieures à la pression atmosphérique, nous avons utilisé la méthode statique. A température constante, on observe dans quel sens, sous une pression donnée, se produit la réaction (1); en modifiant alors la pression, on peut déterminer les limites entre lesquelles est comprise la tension d'équilibre. Ce procédé permet d'être certain que l'on n'a pas affaire à un faux équilibre. Pendant la durée d'une expérience, la température est maintenue constante à $\pm 0°,5$. Le dispositif manométrique différentiel utilisé permet d'opérer à volume constant et les pressions sont mesurées après une période de fixité d'un jour ou deux, car au voisinage de l'équilibre elles ne varient que de quelques millimètres par 24 heures; aussi la détermination d'une tension de dissociation demande-t-elle au moins une semaine.

---

(1) *Zeits. anorg. Chem.*, 75, 1912, p. 10.

Les résultats [obtenus dans les deux sens de la réaction (1)] et relatifs à un produit initial de composition $SrO:O:H^2O = 1000:0,966:0,048$, sont rassemblés dans le tableau suivant où, Q_0 est la chaleur de réaction calculée pour la température $T = 0°K$.

$t°$ C.	326	342	344	351
p (mm/Hg).........	360	529	564	673
Q_0 (cal/gr).........	19 280	19 310	19 290	19 290

D'autres séries de mesures ont également été faites, en particulier avec des produits pour lesquels le rapport O/SrO avait initialement les valeurs 0,74; 0,65; 0,51; 0,40. A la température de 344° C. on a obtenu des pressions comprises entre 560 et 570^{mm} et dont la moyenne est presque identique à celle du tableau précédent pour la même température. On retrouve encore les mêmes valeurs de la pression pour des produits initiaux contenant des teneurs en eau assez faibles, mais variables d'une expérience à l'autre. Tous ces résultats montrent que la réaction (1) est parfaitement réversible et que l'on a bien affaire à un système univariant.

La chaleur de réaction a été calculée d'après la formule de Nernst

$$\log p = -\frac{Q_0}{4,571\,T} + 1,75 \log T + aT + 2,8.$$

Le coefficient a dépend des chaleurs spécifiques de SrO et SrO^2, qui sont inconnues; mais à l'aide de plusieurs valeurs expérimentales de p on peut calculer a et Q_0. On trouve ainsi la valeur moyenne $a = -0,0016$ et ensuite pour Q_0 des nombres très voisins les uns des autres d'après la valeur de p aux différentes températures. Ce sont ces valeurs de Q_0 qui sont portées dans le tableau précédent et dont la moyenne est 19290^{cal}. En admettant que la chaleur de réaction varie suivant la loi $Q_T = Q_0 + 3,5T$, on trouve, pour la température de 20°C., $Q_{293} = 20320^{cal}$, en bon accord avec les mesures thermochimiques de Forcrand [2] (21750^{cal}), tandis que des expériences de Centnerszwer et Blumenthal [3] on déduit des nombres beaucoup plus faibles et fort éloignés d'ailleurs les uns des autres (12800 à 16700^{cal}).

Enfin l'application de la formule de Nernst donne 357°C. comme température de dissociation de SrO^2 sous la pression de 760^{mm} de mercure.

---

(2) *Comptes rendus*, **130**, 1900, p. 1017.

(3) *Bull. Acad. polon. Sciences et Lettres*, A, 1935, p. 540; *J. Chim. Phys.*, **34**, 1937, p. 627.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'orthophosphate trithorique.* Note (¹) de M. **Pierre Castel**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'existence de l'orthophosphate trithorique $(PO^4)^4Th^3$ a été mise en doute par divers auteurs, étant donné que les composés, obtenus par double décomposition entre l'azotate ou le chlorure de thorium d'une part et les phosphates mono, bi ou trisodique d'autre part, renferment du sodium et ne semblent pas répondre à des composés définis.

Nous avons préparé divers sels dans lesquels le rapport ThO^2/P^2O^5 variait entre 2,76 et 2,82, c'est-à-dire était très voisin du rapport correspondant à $(PO^4)^4Th^3$: 2,789, en opérant de la façon suivante :

Des solutions d'azotate ou de chlorure de thorium de concentrations connues sont précipitées à 18° par des solutions d'acide phosphorique en quantité telle que la thorine soit toujours en grand excès. Les précipités blancs, gélatineux ou visqueux, difficilement lavables par décantation, sont centrifugés avec de l'eau distillée. Les lavages doivent être effectués assez rapidement pour éviter que, par un contact trop prolongé avec de l'eau peu chargée en électrolyte, les précipités soient plus ou moins hydrolysés et donnent naissance à des solutions colloïdales.

En procédant ainsi, le phosphate de thorium obtenu est microcristallin. On reconnaît, en l'examinant au microscope polarisant, que ces microcristaux agissent sur la lumière polarisée. Ce sel est soluble dans les acides sulfurique, chlorhydrique, azotique, phosphorique et dans les solutions concentrées d'azotate ou de chlorure de thorium, alors qu'il est insoluble dans l'acide fluorhydrique.

A 105°, il retient 16,5 pour 100 d'eau, ce qui permettrait de le considérer comme un hydrate à $12OH^2$ de l'orthophosphate trithorique. Cependant, la difficulté avec laquelle cette eau est éliminée (une chauffe à 850° dans le vide est nécessaire pour obtenir un sel anhydre) laisse supposer qu'il s'agit là, en partie au moins, d'eau de constitution, et que le sel ainsi préparé par voie humide a une nature complexe. Le composé résultant de la chauffe dans le vide à 850° est une poudre blanche, insoluble dans les acides et dans les solutions d'azotate et de chlorure de thorium. Les analyses effectuées sur ce produit montrent qu'il correspond à l'orthophosphate trithorique $(PO^4)^4Th^3$.

(¹) Séance du 6 février 1939.

En résumé, par action de solutions d'acide phosphorique sur des solutions d'azotate ou de chlorure de thorium, nous avons isolé un phosphate de thorium qui, par calcination à 850° dans le vide, conduit au phosphate trithorique pur, non préparé jusqu'ici.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction et la décomposition de l'anhydride chromique*. Note (¹) de M. **Jean-Michel Dunoyer**, présentée par M. Paul Lebeau.

On ne sait rien de précis sur la façon dont se comporte l'anhydride chromique quand on le soumet à l'action de l'hydrogène. On pourrait, *a priori*, supposer qu'il se produit une réaction vive. L'étude que nous avons faite de cette réaction nous a fourni des résultats plutôt inattendus.

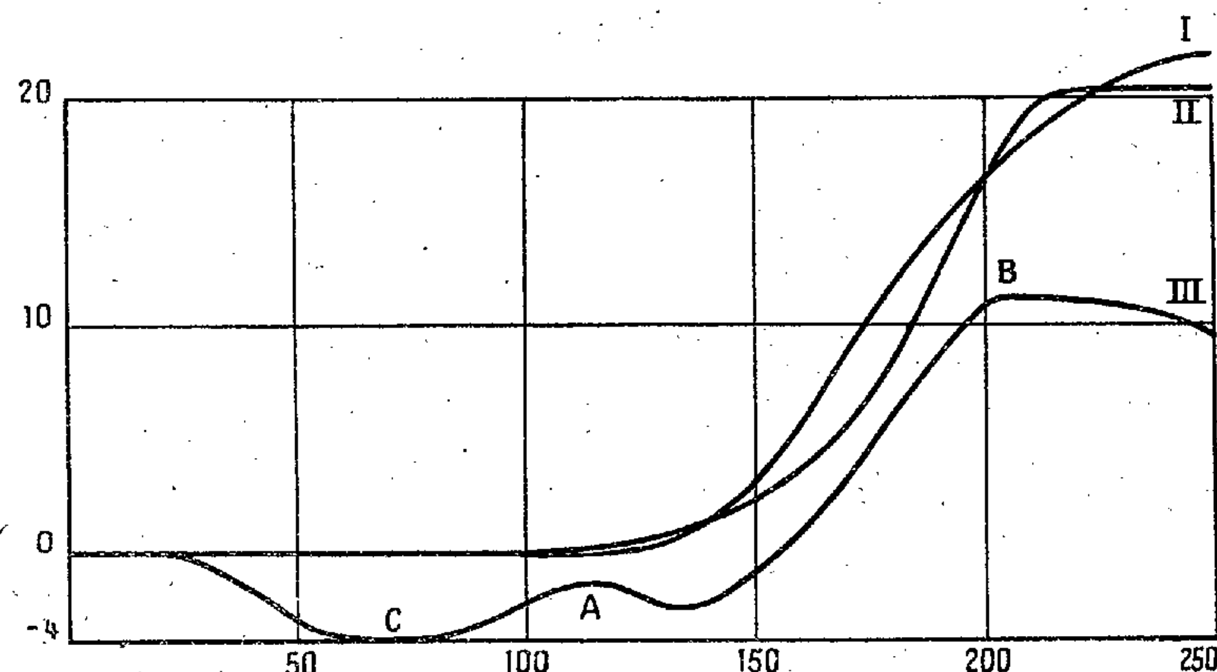
Nous avons employé de l'anhydride chromique pur, préparé par le procédé de Moissan (²). Une masse donnée de gaz séché par de l'anhydride phosphorique, circulait sur de l'anhydride chromique, dans un appareil comprenant un manomètre permettant l'enregistrement photographique des variations de pression en fonction de la température, suivant la méthode de Jolibois (³). Le tube contenant l'anhydride chromique était chauffé par un four électrique dont la température était linéairement croissante en fonction du temps, grâce à un montage emprunté à Vallet (⁴). L'accroissement de température était de 75° à l'heure.

Avant d'étudier l'action de l'hydrogène, nous avons tenu à préciser les conditions de la décomposition de l'anhydride chromique dans l'oxygène et dans le vide. Les résultats obtenus sont traduits par les courbes I (décomposition dans le vide) et II (décomposition sous une pression initiale de 655^{mm} d'oxygène). L'examen de cette dernière courbe montre qu'au point de fusion de l'anhydride chromique (170°) la décomposition est déjà sensible. Par suite, pour obtenir par le procédé Moissan de l'anhydride ne contenant pas d'oxyde Cr^2O^3, il faut opérer assez rapidement. En laissant l'anhydride fondu à 170° suffisamment longtemps, on voit apparaître des cristaux verts d'oxyde de chrome.

(¹) Séance du 30 janvier 1939.
(¹) *Comptes rendus*, 98, 1884, p. 1581.
(²) *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 809.
(³) *Thèse*, 1936.

Enfin la comparaison des courbes I et II montre que la décomposition est à peu près indépendante de la pression d'oxygène.

Les résultats des expériences faites avec l'hydrogène sont représentés par la courbe III. De l'examen de celle-ci il résulte qu'aucune réaction vive ne se manifeste entre l'hydrogène et l'anhydride chromique. On constate, dès la température ordinaire, une diminution de pression correspondant à



une réduction lente. En faisant passer très longtemps un courant d'hydrogène sur de l'anhydride chromique à 100°, nous avons obtenu en effet de l'oxyde de chrome vert clair insoluble dans les acides. Si l'on fait abstraction du maximum A dont nous reparlerons plus loin, on voit que vers 130° la décomposition de l'anhydride chromique avec dégagement d'oxygène commence et devient beaucoup plus importante que la réduction, d'où un accroissement considérable de la pression. Enfin, vers 210° tout l'anhydride est passé à l'état de Cr^2O^3, un peu par le mécanisme de la réduction et surtout par celui de la décomposition. A partir du sommet B on observe de nouveau une diminution de pression due à la combinaison lente $H^2 + O$ catalysée par la présence de l'oxyde de chrome.

Le maximum A paraît une anomalie, mais l'expérience suivante faite à température constante l'explique facilement. Si l'on chauffe l'anhydride chromique à 75° dans un courant d'hydrogène sous une pression de 655^{mm}, on observe une baisse de pression de 4^{mm}, puis la pression reste constante. Cet arrêt de la réaction semble dû à l'eau produite par la réduction; celle-ci reste condensée sur le produit, à cause de la faible tension de vapeur de la solution saturée d'acide chromique, en même temps cette solution mouillant le produit diminue la surface de contact offerte par le solide à réduire.

Si, au contraire, on opère à température croissante (courbe III) on atteint momentanément cet équilibre qui correspond au minimum C à 4^{mm} au-dessous de la pression initiale; puis la température arrivant vers 100°, l'eau est vaporisée et, comme elle n'est pas instantanément absorbée par l'anhydride phosphorique, il se produit un accroissement provisoire de pression suivi d'une diminution due à l'absorption de l'eau.

En résumé, l'action de l'hydrogène sur l'anhydride chromique est un phénomène lent à basse température; on ne peut l'étudier au delà de 130° à cause de la décomposition spontanée de l'acide chromique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transposition pinacolique réalisée au cours de la réduction duplicatrice de l'oxyde de mésityle; migration du méthyle.* Note de M. **Yves Deux**, présentée par M. Auguste Béhal.

La transposition pinacolique en série aliphatique n'a été réalisée jusqu'ici qu'avec des glycols substitués par des radicaux non saturés, si bien que ces derniers n'ont pas encore pu être comparés aux radicaux non saturés dont on sait cependant qu'aussi bien au point de vue de leurs capacités affinitaires que de leurs aptitudes migratrices, ils se comportent comme des radicaux aromatiques.

D'autre part, on a longtemps discuté sur la nature des produits résultant de la déshydratation des pinacols aliphatiques. Comme les dérivés obtenus ne donnent généralement pas d'oximes ou de semicarbazones, on a admis que cette déshydratation conduisait à des époxydes (α-pinacolines). Toutefois Meerwein ([1]), qui a étudié le cas du diméthyldiéthylglycol symétrique, a montré qu'il n'en est pas ainsi.

A ce double point de vue, il était intéressant d'étudier la préparation et la déshydratation du pinacol provenant de la réduction duplicatrice de l'oxyde de mésityle $(CH^3)^2C=CH-CO-CH^3$, le tétraméthyl-2.4.4.6-octadiène-2.6 one-5, c'est-à-dire par transposition pinacolique avec migration du méthyle :

$$\begin{matrix}(CH^3)^2C=CH \\ CH^3\end{matrix}\Big\rangle C\,\boxed{OH}-CO\boxed{H}\Big\langle\begin{matrix}CH=C(CH^3)^2 \\ CH^3\end{matrix} \xrightarrow{-H^2O} (CH^3)^2C=CH-\overset{\displaystyle CH^3}{\underset{\displaystyle CH^3}{C}}-CO-CH=C(CH^3)^2.$$

([1]) Meerwein, *Lieb. Ann. d. Chemie*, **419**, 1919, p. 151.

La structure de cette cétone a été démontrée par sa scission potassique en acide β-méthylcrotonique et en diméthyl-2-4 pentène-2, celui-ci donnant un époxyde qui s'isomérise à chaud en diisopropylcétone. Ainsi la transposition pinacolique s'effectue régulièrement, et c'est le méthyle qui l'emporte exclusivement sur l'isobuténylе au point de vue des aptitudes migratrices. Si l'on se base sur les résultats déjà acquis en série aliphatique, à savoir que ce sont les radicaux à faible capacité affinitaire qui émigrent de préférence, il faut en conclure que la capacité affinitaire de l'isobuténylе est supérieure à celle du méthyle, ce qui semble d'accord avec les analogies qui ont été constatées récemment entre les radicaux non saturés et les radicaux aromatiques (²).

1° *Réduction de l'oxyde de mésityle par l'amalgame de magnésium.* — On introduit à chaud et en agitant 12g de magnésium en copeaux dans 250g de mercure. Après refroidissement on fait tomber goutte à goutte l'oxyde de mésityle, à raison de 3mol pour un atome de magnésium. La réaction est très lente et pour l'achever il faut chauffer 2 heures au bain-marie bouillant. Il se forme une proportion importante de résines. Après refroidissement on ajoute de l'eau acétique et l'on épuise à l'éther. Après évaporation de l'éther on distille dans le vide et l'on recueille une cétone qui passe entre 105-107° sous 14mm (n_D^{20} 1,493; d_{20} 0,9236. Semicarbazone F. 184°).

2° *Scission potassique de la cétone.* — 20g de cétone sont chauffés en tube scellé à 110° pendant 5 heures avec 10g de potasse et 90cm³ d'alcool à 95°. Après refroidissement, on dilue avec l'eau qui dissout le sel de sodium formé, et l'on épuise à l'éther pour enlever les corps neutres renfermant le diméthyl-2-4 pentène-2 et des produits résineux assez abondants.

a. Acide β-méthylcrotonique $(CH^3)^2C=CH-CO^2H$. — Le liquide alcalin bien lavé à l'éther est acidifié par l'acide sulfurique dilué; il se sépare par refroidissement de longues aiguilles d'un acide fusible à 70° (amide F. 108-109°, anilide F. 128°) que j'ai identifié avec l'acide β-méthylcrotonique préparé synthétiquement en oxydant l'oxyde de mésityle par l'hypochlorite de sodium.

b. *Diméthyl-2-4 pentène-2* $(CH^3)^2C=CH-CH(CH^3)^2$. — Le résidu d'évaporation de l'éther entraîné à la vapeur d'eau fournit un carbure non saturé, le diméthyl-2-4 pentène-2, Éb$_{760}$ 81-83°; n_{19}^D 1,403; d_{19} 0,7036. Ce carbure donne avec la chlorurée une chlorhydrine qui, soumise à l'action de la potasse aqueuse, se transforme en époxyde (Éb$_{760}$ 130°). Ce dernier, par chauffage à 500°, s'isomérise en diisopropylcétone $C^3H^7-CO-C^3H^7$ (semicarbazone, F. 145°) que j'ai identifiée à une cétone synthétique obtenue par passage de vapeur d'acide isobutyrique sur la thorine portée à 400-480°.

Conclusions. — Au cours de la réduction duplicatrice de l'oxyde de

(²) TIFFENEAU, *Helv. Chim. Acta*, 21, 1938, p. 402 et 424; DEUX, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1017; 207, 1938, p. 920.

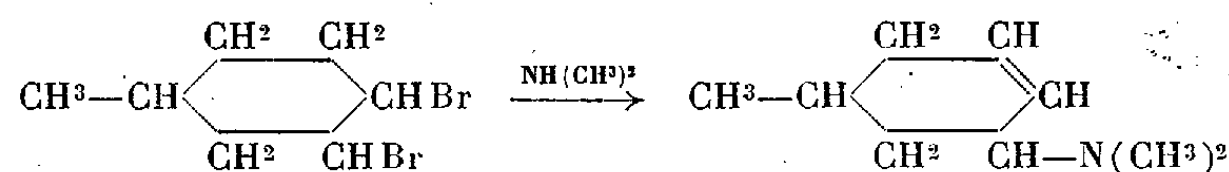
mésityle par l'amalgame de magnésium, le pinacol formé est déshydraté avec formation de tétraméthyl-2-4-4-6 octadiène-2-6 one-5, par une transposition pinacolique comportant la migration du méthyle dont l'aptitude migratrice l'emporte exclusivement sur celle du radical isobutényle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la diméthylamine sur le méthyl-1 dibromo-3-4 cyclohexane.* Note de Mlle **Judith Gutman**, présentée par M. Auguste Béhal.

J'ai montré récemment [1] que, dans l'action de la diméthylamine sur le méthyl-1 dibromo-1-2 cyclohexane, on obtient un unique produit, le méthyl diméthylaminocyclohexène, résultant de la fixation du groupe aminé à la place du brome secondaire, alors que le brome tertiaire s'élimine avec l'hydrogène du CH^2 voisin et non du CH devenu porteur du groupe aminé.

Il était intéressant d'étudier la même réaction avec le méthyl-1 dibromo-3-4 cyclohexane dont les deux atomes de brome sont l'un et l'autre secondaires, de façon à examiner l'influence que le radical méthyle exerce à distance sur la modalité de réaction des deux atomes d'halogène.

Bien qu'on pût s'attendre à obtenir dans ce cas au moins deux des quatre amines théoriquement possibles, je n'en ai obtenu qu'une seule avec un rendement de 90 pour 100, en chauffant à 120-130° en autoclave l'amine et le dérivé dibromé :



Cette amine bout à 65° sous 25mm (ClH, F. 125-126°; CH^3I, F. 200-201°; picrate F. 169-170°). Pour établir la position du groupe diméthylaminé, j'ai soumis cette amine en solution alcoolique à l'hydrogénation en présence de nickel de Raney (fixation de H^2 en 45 minutes). J'ai pu ainsi isoler un produit bouillant à 85° sous 50mm (n_D^{15} 1,4551); c'est un mélange des deux amines saturées *cis* et *trans* que j'ai séparées par leur picrates (*cis* F. 190-191°; *trans* F. 178-179°).

J'ai, d'autre part, préparé synthétiquement ces deux amines par réduc-

[1] J. Gutman, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1103.

tion de l'oxime de la méthylcyclohexanone-1-3, respectivement en milieu acide et alcalin, puis par méthylation des amines *cis* et *trans* ainsi obtenues; j'ai constaté leur parfaite identité avec les amines ci-dessus. D'ailleurs, pour plus de sécurité, j'ai préparé de même à partir de la méthylcyclohexanone-1-4 les deux amines *cis* et *trans* possédant le groupe diméthylaminé en 4 et j'ai constaté leur non-identité avec les amines obtenues ci-dessus (picrate *cis* F. 193°; picrate *trans* F. 194°).

Ainsi le groupe diméthylaminé s'est fixé en 3, alors que le brome placé en 4 s'est éliminé avec l'hydrogène du carbone 5 pour former une double liaison en 4-5. Cette fixation en 3 du groupe aminé est à rapprocher de celle qu'on observe lorsqu'on fait agir l'ammoniaque sur le méthyl-1 époxy-3-4 cyclohexane; on obtient dans ce cas le méthyl-1 amino-3 cyclohexanol-4 (²).

Conclusions. — Dans l'action de la diméthylamine sur le méthyl-1 dibromo-3-4 cyclohexane, le groupe aminé se fixe en 3 et il y a formation de méthyl-1 diméthylamino-3 cyclohexène-4. Celui-ci, soumis à l'hydrogénation catalytique, fournit un mélange des amines saturées correspondantes *cis* et *trans* qui ont été isolées et identifiées aux amines *cis* et *trans* obtenues à partir de la méthyl-1 cyclohexanone-3.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à la connaissance de la 6-méthoxy 8-aminoquinoléine et de ses dérivés.* Note de MM. **Alexis Tchitchibabine** et **Charles Hoffmann**, présentée par M. Marcel Delépine.

La 6-méthoxy 8-aminoquinoléine est une matière première importante pour la synthèse de quelques médicaments antimalariques de grande valeur, tels que la plasmoquine (præquine) et la rhodoquine (plasmocide). Les méthodes de purification, décrites dans la littérature pour ces substances, laissent à désirer et les données sur leurs propriétés sont incomplètes et quelquefois erronées.

Pour la plasmoquine en particulier, il n'existait pas de réaction permettant de l'identifier sûrement et de la différencier du plasmocide. Une méthode d'identification que nous venons de mettre au point comble cette lacune (¹).

(²) Kœtz et Merkel, *J. f. prakt. Ch.*, 113, 1926, p. 49; Godchot et Mousseron, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 621.

(¹) A. Tchitchibabine et Ch. Hoffmann, *Bull. Soc. Path. Exot.*, 31, 1938, p. 740.

On ne disposait pas, en outre, jusqu'ici, d'une méthode satisfaisante pour apprécier son degré de pureté. Le picrate de plasmoquine que nous avons obtenu est le premier dérivé cristallisé dont le point de fusion permet de juger de la pureté de cette base.

6-*méthoxy 8-aminoquinoléine.* — Elle a été préparée par une des méthodes décrites dans la littérature. Le produit brut a été purifié par recristallisation de son chlorhydrate (bromhydrate, sulfate) dans l'eau, suivie d'un fractionnement et recristallisation finale dans le méthanol à 70 pour 100. L'amine pure se présente sous forme de cristaux blancs fondant à 52°. Le point de fusion admis jusqu'ici était 41° (²) ou 41°,5 (³). Ces P. F. se rapportent à des produits impurs, l'impureté étant constituée en partie par de la 6-méthoxyquinoléine formée comme sous-produit dans la préparation de la 6-méthoxy 8-nitroquinoléine à partir du 1-méthoxy 3-nitro 4-aminobenzène. Elle peut d'ailleurs être facilement éliminée par un entraînement à la vapeur.

6-*méthoxy 8-(diéthylamino-isopentylamino) quinoléine* (plasmoquine ou præquine). — Elle se présente sous forme d'huile et le seul sel décrit est celui de l'acide bis méthylène β-oxynaphtoïque (⁴), qui ne convient d'ailleurs pas pour la purification. Nous avons réalisé cette purification par le picrate de plasmoquine, que l'on obtient de la façon suivante : $31^{g},5$ de plasmoquine dissous dans 35^{cm^3} d'acétate d'éthyle chaud sont traités par 48^{g} d'acide picrique dissous dans 100^{cm^3} d'acétate d'éthyle également chaud. On abandonne pendant quelques heures. Le picrate jaune est ensuite filtré, essoré et lavé par de l'acétate d'éthyle. On sèche à l'air puis dans le vide à 50°. On obtient $69^{g},5$ de produit, soit 90 pour 100 du dipicrate de plasmoquine théoriquement possible. Le point de fusion varie de 128 à 137° selon la pureté du produit de départ. N pour 100 trouvé 16,33; 16,31; N pour 100 calculé 16,30.

6-*méthoxy 8-(diéthylamino-propylamino) quinoléine* (rhodoquine, plasmocide). — Ce produit est un rival de la plasmoquine. Il peut être purifié par son diiodhydrate, aiguilles jaunes recristallisant de l'alcool ou même de l'eau, où sa solubilité à température ordinaire est de 3,5 pour 100 environ. Le brevet anglais 433.625 (1935) mentionne un iodhydrate fondant à 208° alors que nous trouvons 215° (P. F. instantané au bloc Maquenne);

(²) I. G. Farben, Brevet allemand 451.730, 1927.
(³) J. W. Boehm, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 56, 1937, p. 901.
(⁴) I. G. Farben, Brevet anglais 295.656, 1928.

le dosage d'iode correspond au diiodhydrate : Iode pour 100, trouvé 46,72; calculé 46,77.

La rhodoquine donne également un dipicrate jaune orangé, insoluble dans l'acétate d'éthyle et recristallisant d'un grand volume d'alcool absolu. P. F. instantané 190° (bloc Maquenne). N pour 100 trouvé 16,85; calculé 16,91.

La plasmoquine isolée de son dipicrate pur présente les constantes suivantes : Éb$_3$ 203°-205°; n_D^{24} 1,5720; d_4^{24} 1,0330; la rhodoquine séparée de son diiodhydrate ou de son dipicrate purs donne les valeurs : Éb$_3$ 201°-203; n_D^{24} 1,5855; d_4^{24} 1,0569. Ce sont des huiles claires beaucoup moins oxydables qu'avant la purification.

Leurs solutions dans les acides minéraux (ClH, SO^4H^2, PO^4H^3) donnent une réaction colorée avec l'acide iodique. La coloration est bleu violet pour la plasmoquine et rouge violet pour la rhodoquine. A l'aide de cette réaction très sensible, nous avons mis au point une méthode de différenciation et de recherche dans l'urine [1].

Dérivés acylés. — A la 6-méthoxy 8-acétylaminoquinoléine (P. F. 127°) et à la 6-méthoxy 8-formylaminoquinoléine (P. F. 165°) déjà connues, nous ajoutons la 6-méthoxy 8-benzoylaminoquinoléine $C^{17}H^{14}O^2N^2$, aiguilles blanches recristallisant de l'alcool et fondant à 157°. Les deux premières sont désacylées assez rapidement à température ordinaire par l'acide chlorhydrique 1 : 3, alors que le dérivé benzoylé est stable dans ces conditions.

Dérivés arylalcoylés. — Ces composés s'obtiennent par action de deux molécules d'amine sur une molécule de bromure ou de chlorure d'arylalcoyle. La séparation se fait par traitement à l'eau bouillante et décantation ou filtration. Nous avons préparé ainsi

	P. F.
6-méthoxy 8-benzylaminoquinoléine	65°
» 8-*p*-nitrobenzylaminoquinoléine	135°
» 8-diphénylméthylaminoquinoléine	160°
» 8-cinnamylaminoquinoléine	96°

Ces composés présentent la particularité, malgré leur caractère d'amines secondaires, de ne pas donner de sels avec les acides halogénés dilués à froid. Avec des acides à chaud, ils perdent facilement le groupe arylalcoyle pour régénérer la 6-méthoxy 8-aminoquinoléine.

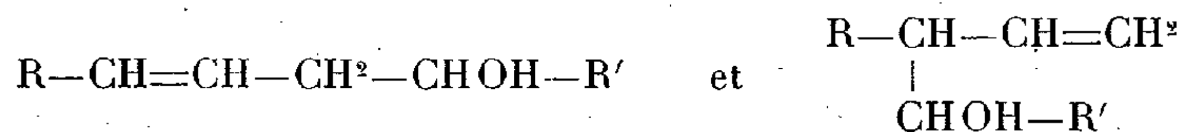
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une préparation d'alcools β-éthyléniques, ramifiés en α.* Note de M. **Ou Kiun Houo**, transmise par M. Robert Lespieau.

La condensation des aldéhydes avec le bromure d'allylmagnésium conduit à des alcools β-éthyléniques avec un rendement de 50 pour 100 du bromure employé; les homologues, mélanges constitués presque exclusivement par la forme primaire



$$\text{(I)} \qquad R{-}CH{=}CH{-}CH^2Br,$$

devaient permettre de généraliser cette synthèse; on pouvait toutefois craindre des rendements médiocres et une complication due à la possibilité de deux alcools isomères



$$R{-}CH{=}CH{-}CH^2{-}CHOH{-}R' \quad \text{et} \quad \begin{array}{l} R{-}CH{-}CH{=}CH^2 \\ \quad | \\ CHOH{-}R' \end{array}$$

Rien ne permet *a priori* de considérer le magnésien éventuellement formé comme constitué par l'une des deux formes



$$\text{(II)} \qquad R{-}CH{=}CH{-}CH^2MgBr$$

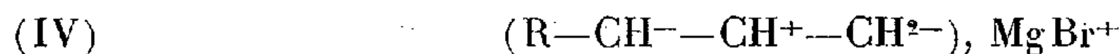
et



$$\text{(III)} \qquad R{-}CH(MgBr){-}CH{=}CH^2,$$

ou par un mélange des deux.

Comme d'ailleurs la liaison du groupe MgBr au reste de la molécule participe de la nature d'une électrovalence, une structure



$$\text{(IV)} \qquad (R{-}CH^-{-}CH^+{-}CH^{2-}),\ MgBr^+$$

semble également acceptable; elle implique seulement que ses réactions font intervenir l'ion tripolaire négatif



$$\text{(V)} \qquad R - CH^- - CH^+ - CH^{2-}.$$

D'ailleurs, si le dérivé primaire [1] conduit partiellement ou totalement à des dérivés de condensation secondaires (alcools ramifiés), il ne nous

---

[1] *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 49, 1931, p. 1368.

est pas possible de localiser l'anomalie de la réaction : formation du magnésien ou condensation.

Or nous connaissons peu de chose des magnésiens allyliques substitués. MM. Prévost et Richard [1], puis MM. Lespieau et Heitzmann [2] avaient montré que la duplication des radicaux homoallyliques (par action du magnésium sur un bromure d'allyle substitué) conduit à un mélange de trois carbures diallyliques : l'un linéaire, l'autre une fois ramifié, le troisième deux fois ramifié. Ceci implique une anomalie dans la condensation *pour les deux radicaux à la fois*.

En admettant, ce qui est naturel, que la duplication se fait par action du bromure d'allyle substitué sur son propre magnésien, nous devons envisager une anomalie dans la formation ou dans les réactions de ce magnésien.

J'ai fait agir le bromure de crotyle $CH^3-CH=CH-CH^2Br$, en solution éthérée très diluée, sur un grand excès de magnésium, et, au réactif obtenu, j'ai ajouté : *a*. de l'aldéhyde éthylique; *b*. de l'aldéhyde propionique; *c*. de l'acroléine. Dans les trois cas, j'ai obtenu, à côté des trois dicrotyles rencontrés par MM. Lespieau et Heitzmann, un alcool β-éthylénique. Dans le premier cas, j'ai dû, pour séparer l'alcool des carbures, le soder à l'amidure de sodium, et le régénérer de son dérivé sodé; dans les autres cas, la distillation fractionnée suffit.

Or les trois alcools, obtenus avec des rendements respectifs de 35, 40 et 30 pour 100, *sont tous trois ramifiés*. Voici leurs constantes :

Alcool.	Éb.	d_4^{22}.	n_D^{22}.	R. M.	Th.
(*a*) $CH^3-CH(CHOH-CH^3)-CH=CH^2$	125-126°	0,8429	1,4326	30,81	30,91
(*b*) $CH^3-CH(CHOH-CH^2-CH^3)-CH=CH^2$	140-141°	0,8452	1,4365	35,27	35,57
(*c*) $CH^3-CH(CHOH-CH=CH^2)-CH=CH^2$	55-56°/14mm)	0,8630	1,4490	35,44	35,14

La structure de ces alcools s'accorde bien avec leurs points d'ébullition; elle est établie de façon certaine par leurs spectres Raman, qui contiennent dans les trois cas une seule raie de fréquence 1642 dans la région éthylénique, ce qui exclut une double liaison en milieu de chaîne linéaire.

Il n'apparaît pas trace de l'alcool linéaire qu'on aurait attendu d'une

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1077.

réaction normale et qui bouillirait environ 10° plus haut que l'alcool ramifié. Ceci m'a été confirmé par M. Prévost, l'isomère prévu de l'alcool (*a*), qu'il a préparé récemment, bout à 136°.

Il faut en conclure que, dans ce cas du moins, l'ion tripolaire (V) est exclusivement saturé sur le pôle négatif secondaire, alors que les travaux de M. Prévost [3] ont montré que l'ion conjugué ($CH^3—CH^+—CH^-—CH^{2+}$) est surtout saturé sur son pôle positif primaire. Cette dualité s'explique bien par l'influence électrostatique du radical CH^3, qui s'exerce dissymétriquement dans les deux cas.

GÉOLOGIE. — *Les moraines du Wurm, du Riss et du Mindel en Bas-Dauphiné, leurs caractères distinctifs et leurs corrélations probables avec certains dépôts à industries humaines.* Note [1] de M. **Franck Bourdier.**

En Bas-Dauphiné, dans la vallée morte de la Bièvre-Valloire, Penck avait distingué les moraines internes wurmiennes de Rives et les moraines externes rissiennes de Faramans. Puis il avait supposé que la haute-terrasse de Tourdan, en aval de Faramans, aussi altérée que le Deckenschotter de la Souabe, avait pu se rattacher autrefois vers l'amont à des moraines mindéliennes aujourd'hui disparues; or, dans le soubassement même de cette terrasse, au lieudit les Terres-Rouges, près de Tourdan, j'ai observé une incontestable moraine argileuse à cailloux striés. Grâce à cette découverte nous allons pouvoir définir dans la Bièvre les trois types de moraines suivants :

1° *Les moraines wurmiennes de Rives* sont de couleur grise et recouvertes seulement par les sols récents jaune rougeâtre.

2° *Les moraines rissiennes de Faramans* et *les moraines intermédiaires de la Côte Saint-André* (distinguées par Hitzel, Kilian et Gignoux) sont de couleur jaunâtre et recouvertes de limons argileux jaunes qui ont dû se former par ruissellement entre le Riss et le Wurm, sous un climat tempéré voisin du nôtre, car à Beausemblant, au débouché de la Bièvre-Valloire, ils contiennent des zones d'altération rappelant nos sols récents; ces limons reposent là sur d'autres limons, de couleur marron clair et à points noirs,

(3) *Ann. de Chimie*, 10e série, 10, 1928, p. 157 et suiv.

(1) Séance du 6 février 1939.

probablement du Mindel-Riss et ils sont surmontés de lœss calcaréo-sableux jaune pâle attribuable au début du Wurm. Dans la basse vallée de l'Isère, à Mayoussière près de Vinay, des limons jaunes durcis, recouvrant une moraine, m'ont fourni un disque-nucléus moustérien (dét. H. Breuil).

3° *Les moraines mindéliennes de Tourdan;* elles sont recouvertes et souvent imprégnées en profondeur par une couche argileuse rouge violacé intense qui rappelle les sols rouges méditerranéens actuels et indique un interglaciaire chaud qui serait le Mindel-Riss d'après la nomenclature adoptée là par Penck lui-même. Sur cette couche rouge reposent nos limons jaunes du Riss-Wurm. Dans la basse vallée de l'Isère, la couche rouge sous-lœssique située à la surface de la haute-terrasse de la Léore, à Paillassier près de Valence, les sables rouges décalcifiés exploités à Chateauneuf-d'Isère, les sables de Curson à industrie clactonienne associée (?) à des *dreikanter* datent probablement du Mindel-Riss.

Dans les alluvions anciennes à industries préhistoriques de la Charente, j'ai essayé de définir *trois séries alluviales qui semblent correspondre à nos trois moraines de Bièvre* parce qu'elles présentent des dépôts de recouvrement presque identiques et, de plus, sont constituées de graviers assez volumineux, mêlés de petits blocs de granite du Limousin, transportés, selon toute vraisemblance, par les débâcles de printemps durant les périodes glaciaires.

La série alluviale I de la Charente, supposée contemporaine du Mindel, domine d'une vingtaine de mètres le thalweg et semble descendre jusqu'à la série alluviale II. A Chez-Prévot près de Mainxe (Charente), un des rares endroits où elle a été respectée par l'érosion, elle contient de l'Acheuléen, avec éclats à plan de frappe non préparé et souvent oblique (cf. Tayacien et Clactonien) et, semble-t-il, des industries patinées plus anciennes. Ces alluvions sont ravinées là par une couche de rubéfaction rouge violacé intense, signalée par l'abbé Breuil et qui semble indiquer, comme en Dauphiné, une avancée des sols rouges méditerranéens au Mindel-Riss.

La série alluviale II, attribuée au Riss, s'élève à 6 ou 8 mètres environ au-dessus du thalweg et contient des éclats levalloisiens presque toujours intacts et des industries antérieures plus ou moins patinées et remaniées. Dans la vallée du Né, affluent de la Charente, à Saint-Fort, ces alluvions semblent passer latéralement à des mortiers de solifluxion, et à Celles, elles sont recouvertes par un sol gris, surmonté de lœss, semblable au sol actuel de la région et à rapprocher de nos sols Riss-Wurm du Bas-Dauphiné.

La série alluviale III, qui doit correspondre au Wurm et au Paléolithique

supérieur, est en général cachée sous les dépôts récents du thalweg; près d'Angoulême (aux Planes, aux Argentiers) elle semble débuter en très bas niveau par des sables d'inondation avec Renne et Moustérien évolué surmontés de lœss et de gravats aurignaciens.

Toutes ces corrélations, encore bien hypothétiques, s'accordent cependant avec de nombreux faits signalés ailleurs; cet accord est presque total dans les Pyrénées ([2]). En Alsace, d'après les recherches de P. Wernert et de J. Franc de Ferrière, j'admettrais volontiers les concordances suivantes : *Lœss ancien* soliflué avec faune du Renne et industrie tayacienne = Mindel; *limons anciens* indiquant un climat chaud et humide, devenant continental, puis de nouveau chaud, avec toujours de l'industrie tayacienne = Mindel-Riss; *lœss moyen* soliflué avec faune du Renne et éclat levalloisien = Riss; *grand lehm*, sol noirâtre ou rougeâtre de climat tempéré avec moustérien ancien (?) = Riss-Wurm; *lœss récents* soliflués, calcaréo-sableux à la base, contenant du Moustérien évolué, de l'Aurignacien et de la faune du Renne = Wurm. Dans la Somme, les sables fluviatiles acheuléens à faune de mollusques chaude et les limons anciens qui les recouvrent représentent peut-être le Mindel-Riss, tandis que dateraient du Riss-Wurm les tufs de Longpré et d'Etouvy à faune de mollusques tempérée et les sols rougeâtres et noirâtres qui reposent sur des graviers de bas niveau et sont recouverts par l'ergeron typique (V. Commont, H. Breuil). Les célèbres tufs de la Celle près de Paris, avec flore méditerranéenne, et la majeure partie du gisement tayacien de la Micoque (Dordogne) remontent probablement au Mindel-Riss. Dans le Riss-Wurm peuvent se placer la base du gisement du Moustier et la presque totalité de celui de Combe-Capelle, en Dordogne, qui contiennent une faune *tempérée* avec Moustérien ancien et Moustérien dit de *tradition acheuléenne* (fouilles de D. Peyrony).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les celluloses des algues.*
Note ([1]) de M. **Guy Viel**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les celluloses que nous avons étudiées proviennent de quatre variétés de Phéophycées, les *Fucus serratus* et *vesiculosus* et les *Laminaria saccharina* et *clousloni*. Les algues, soumises à un ensemble de traitements analogues à ceux préconisés par Cross et Bevan, appliqués par P. Marmasse à diffé-

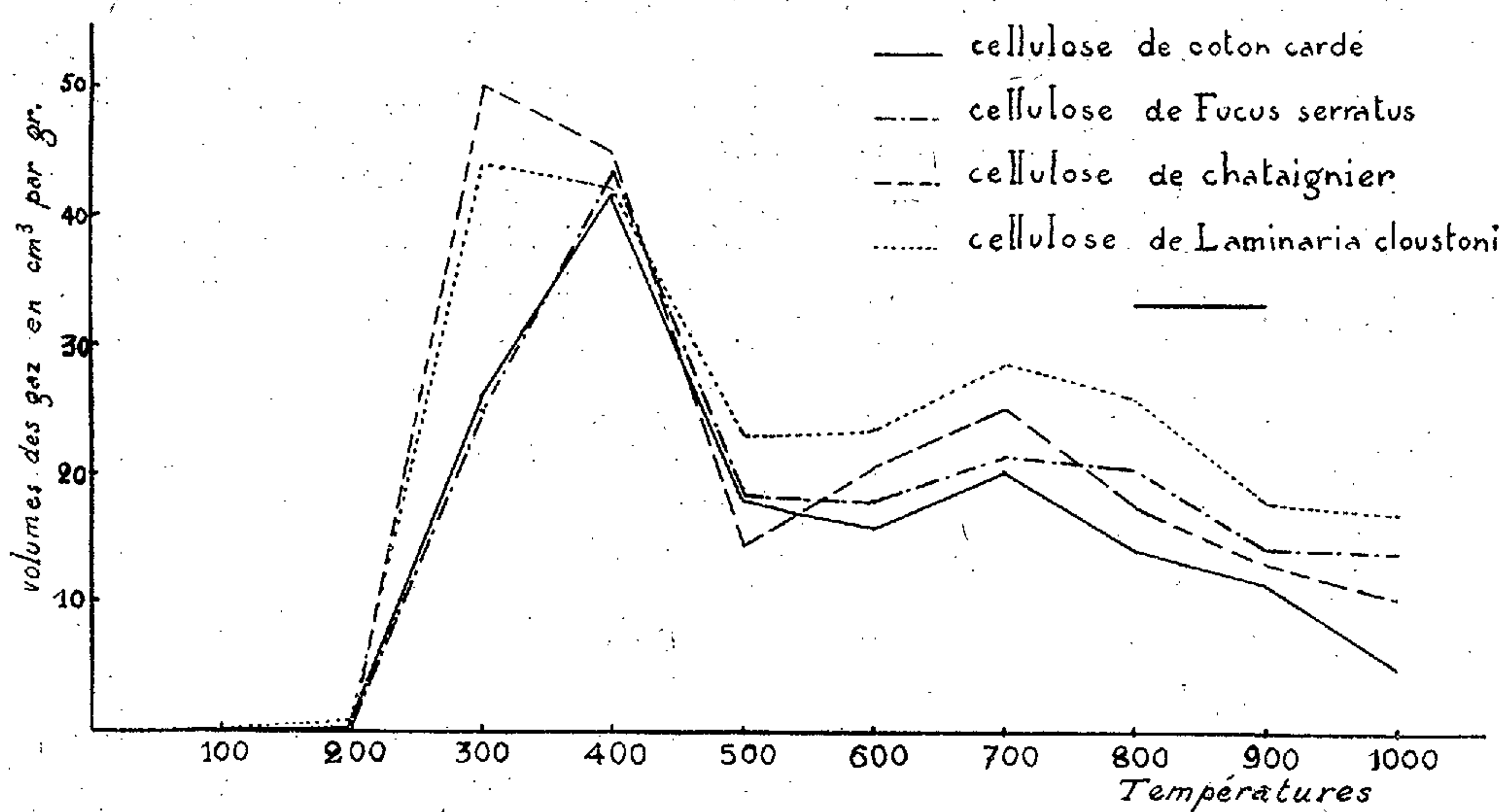
([2]) H. Breuil, *Bull. Soc. Préhist. française*, 34, 1937, p. 104.

([1]) Séance du 13 février 1939.

rents bois coloniaux (²), laissent un résidu blanc ou très légèrement crémeux dont les proportions sont

	Pour 100g d'algues	
	séchées à l'air.	cendres et humidité déduites.
Fucus vesiculosus	2,10	3,01
Fucus serratus	2,81	3,92
Laminaria saccharina	6,91	10,03
Laminaria cloustoni	5,04	7,15

Ces résidus possèdent les propriétés des celluloses; ils en prennent les colorations caractéristiques et présentent des restes de structure cellulaire.



Leur composition centésimale est voisine de celle exigée par la formule $(C^6H^{10}O^5)n$:

	Carbone.	Hydrogène.	Cendres.
Fucus vesiculosus	43,79	6,35	2,95
Fucus serratus	43,58	6,33	2,80
Laminaria saccharina	43,93	6,29	1,87
Laminaria cloustoni	44,32	6,41	1,45
$(C^6H^{10}O^5)n$	44,44	6,17	

L'hydrolyse par l'acide chlorhydrique concentré les transforme en glucose; les quantités obtenues sont comprises entre 89,9 et 94,4 de la quantité que l'on devrait obtenir théoriquement.

(²) P. MARMASSE, *Contribution à l'étude des bois coloniaux* [Thèse de Doctorat de l'Université de Paris (Pharmacie), 1931].

Le graphique de fractionnement thermique des produits gazeux de la pyrogénation, établi suivant la méthode due à P. Lebeau (3), présente deux maxima dans le dégagement gazeux total : un à 300-400°, l'autre à 700°. Celui du *Fucus serratus* est très semblable à celui d'une cellulose de coton; la courbe fournie par le *Laminaria cloustoni*, qui est la plus différenciée, se rapproche beaucoup de celle d'une cellulose de châtaignier.

La composition des mélanges gazeux se place entre les types extrêmes donnés par des celluloses de bois :

Celluloses.	Volume total (en cm³ par gr).	Charbon résiduaire (pour 100).	Composition centésimale.			
			H^2.	CH^4.	CO.	CO^2.
Fucus vesiculosus	112,55	12,12	34,11	6,15	31,93	20,50
Fucus serratus	173,58	15,62	35,95	5,26	30,85	25,22
Laminaria saccharina	133,23	16,35	35,15	7,22	29,83	24,73
Laminaria cloustoni	220,78	17,01	33,45	6,46	34,05	22.49
Coton (4)	151,77	13,50	34,38	8,26	31,70	23,75
Pin maritime (4)	169,46	17,00	36,40	7,00	29,20	24,20
Sureau (bois jeune) (4)	219,40	14,80	36,18	5,60	32,70	24,72

Contrairement à l'opinion émise par divers auteurs, il est donc possible d'extraire des algues des substances qui, par leur structure, leur composition centésimale et leur graphique de pyrogénation, peuvent être identifiées aux celluloses provenant d'autres espèces végétales.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Bégoniacées. Développement de l'embryon chez le* Begonia semperflorens *Link et Otto.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Les lois du développement de l'embryon chez le *Begonia semperflorens* sont semblables à celles que j'ai déjà exposées au sujet des Œnothéracées, du *Lythrum Salicaria* et du *Reseda luteola* (1). Ce sont celles du type embryonomique des Crucifères avec les modifications secondaires suivantes : 1° L'hypophyse se différencie directement aux dépens de la cellule

(3) *Chimie et Industrie*, **14**, 1925, p. 10.
(4) P. Lebeau, *Ann. Off. nat. Comb. liq.*, 1937, p. 651-690.

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 946; **180**, 1925, p. 1417; **200**, 1935, p. 1626; **201**, 1935, p. 911.

intermédiaire de la tétrade; 2° Il se constitue, aux dépens de la cellule inférieure de la tétrade, un suspenseur très réduit n'offrant aucune différenciation fonctionnelle apparente; 3° La segmentation procède plus vite dans la cellule apicale que dans la cellule basale dès la séparation de ces deux blastomères.

Comme le montrent les figures 1 et 2, au proembryon bicellulaire succède une tétrade en T régulière. Les deux éléments supérieurs juxtaposés de cette tétrade produisent, par divisions verticales, quatre quadrants groupés autour de l'axe, puis, par

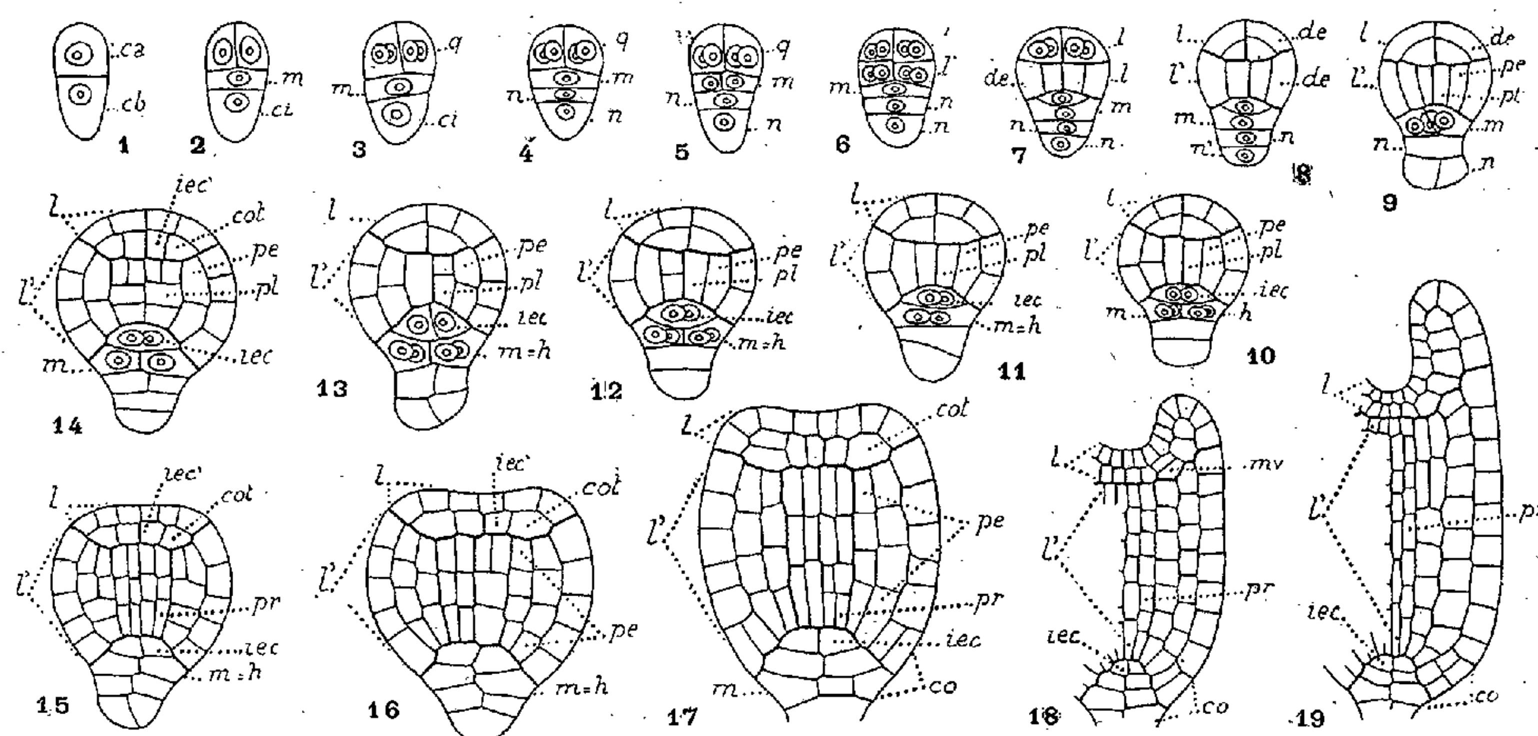


Fig. 1 à 19. — *Begonia semperflorens* Link et Otto. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire de la tétrade ou hypophyse (*h*); *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *n* et *n'*, cellules filles de *ci*; *q*, quadrants; *l*, octants supérieurs ou partie cotylée; *l'*, octants inférieurs ou partie hypocotylée; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *cot*, cellule mère d'un cotylédon; *iec* et *iec'*, initiales de l'écorce de la racine et de la tige; *pr*, péricycle; *mv*, méristème vasculaire du cotylédon; *co*, coiffe. G. = 300; 160 pour 18 et 19.

divisions tranversales, huit octants disposés en deux étages *l* et *l'* (*fig.* 3 à 6). Les quatre octants supérieurs se segmentent tangentiellement et engendrent ainsi directement le dermatogène (*fig.* 8, 9). Dans les quatre cellules intérieures, des parois verticales séparent extérieurement des éléments, *cot*, dont deux, diamétralement opposés sur le plan transversal, deviendront cellules mères des cotylédons, et, autour de l'axe, quatre éléments qui constituent les initiales de l'écorce de la tige *iec'* (*fig.* 14 à 16). Jusqu'aux stades les plus avancés, les éléments produits par *l* et participant à la construction de la partie cotylée, demeurent très distincts des éléments tirant origine de *l'* et engendrant la partie hypocotylée (*fig.* 17 à 19). Dans les quatre octants inférieurs, *l'*, des cloisons verticales séparent d'abord le dermatogène (*fig.* 8), puis le périblème et le plérome, *pe* et *pl* (*fig.* 9). Les cellules mères de ces histogènes se multiplient régulièrement selon les lois générales qui président à la construction

des trois tissus fondamentaux de la plante. Le périblème et le plérome se montrent toujours très nettement séparés l'un de l'autre (*fig.* 14 à 19).

La cellule intermédiaire de la tétrade, *m* (*fig.* 2), se segmente par une paroi parfois verticale (*fig.* 5), parfois oblique (*fig.* 9), mais le plus souvent horizontale, en verre de montre (*fig.* 7, 8). Elle engendre une hypophyse véritable, génératrice des initiales de l'écorce de la racine et du primordium de la coiffe, selon des processus qui ont déjà été décrits au sujet des Crucifères et des Œnothéracées. La cellule inférieure, *ci* (*fig.* 2), donne un suspenseur rudimentaire; elle se cloisonne transversalement en deux cellules superposées, *n* et *n'* (*fig.* 4 à 8), qui elles-mêmes se divisent longitudinalement ou obliquement une ou deux fois.

Hutchinson (²) place les Bégoniacées à côté des Cucurbitacées dans la cohorte des Cucurbitales. Ce rapprochement paraît justifié puisque les Renonculacées, auxquelles s'apparenterait la Bryone, et les Crucifères, avec lesquelles le *Begonia semperflorens* présente les plus étroits rapports, se rattachent, dans la classification périodique, au même mégarchétype et font partie du même groupe embryogénique. L'étude du *Begonia* démontre encore que, chez les plantes horticoles, les lois du développement sont aussi simples, aussi nettes et aussi constantes que chez les plantes sauvages; de là se dégage la conclusion que les caractères embryogéniques sont peu influencés par les conditions extérieures et constituent, par ce fait, la source des données les plus solides pour la détermination des affinités.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Corrélations entre la teneur en azote protéique des pollens et la classification des Renonculacées.* Note de Mme **Cécile Sosa-Bourdouil**, présentée par M. Louis Blaringhem.

On sait que les Renonculacées sont caractérisées au point de vue morphologique par un certain nombre de types divergents liés entre eux beaucoup plus par des transitions que par une étroite parenté.

Au point de vue de la cytologie, cette diversité est également accusée par des nombres chromosomiques ayant pour base les chiffres 5, 6, 7 ou 8 : des genres tels *Ranunculus* présentent des nombres à base 6, 7 ou 8 pour les différentes espèces; par contre les *Pæonia* ne présentent que le type 5 à l'exclusion de tout autre.

Au point de vue de la biologie florale cette famille est caractérisée par une suite de types floraux divergents, telle qu'il n'en existe que peu d'exemples.

(²) J. Hutchinson, *The families of flowering plants. I. Dicotyledons*, London, 1926.

Cette diversité se manifeste jusque dans la composition des pollens en ce qui concerne leur teneur en azote total, comme nous l'avons précédemment montré [1].

L'examen de la teneur en azote protéique de ces pollens confirme ces remarques en même temps qu'il leur donne plus de valeur.

Nous avons examiné une quarantaine d'espèces appartenant à 14 genres différents. Nous avons dosé d'une part l'azote des protéines, d'autre part l'azote combiné sous forme plus simple (ammoniaque, acides aminés, sels minéraux). La séparation a été effectuée par macération des pollens préalablement broyés dans une solution d'acide trichloracétique au 1/10e. Dans ces conditions les protéines sont insolubilisées, les substances azotées plus simples passent dans la solution. D'une façon générale, le pollen contient peu d'azote soluble, la plus grande partie du contingent azoté étant constituée par des matières protéiques. Dans la famille qui nous occupe la proportion de l'azote soluble oscille entre le 1/10e et le 1/4 de la totalité de cet élément.

Nos analyses ont porté sur des pollens dont l'homogénéité a été vérifiée au microscope. Ils appartenaient à des variétés stables, non hybrides, se développant dans des conditions normales de milieu. Dans ce cas, les variations de composition en substances azotées des pollens sont faibles pour une même espèce, même si l'on s'adresse à des individus provenant de différentes lignées, récoltés dans diverses stations et au cours de plusieurs années.

En utilisant l'ensemble des données morphologiques et biologiques, on peut classer les divers genres de Renonculacées de la façon suivante :

A	*Thalictrum*		*Ranunculus*	
		Anemone		
B		*Pulsatilla*		
	Clematis			
			Caltha	
			Trollius	
C	*Aquilegia*			
	Delphinium		*Eranthis*	
	Aconitum		*Helleborus*	
D				*Pæonia*

Mes analyses récentes me permettent de confirmer cette classification en tenant compte des proportions d'azote protéique :

---

(1) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 336.

Azote protéique pour 100 de substance sèche :

de			
3,2 à 3,8	A	*Thalictrum*	*Ranunculus*
		Anemone	
4,3 à 4,9	B	*Pulsatilla*	
		Clematis	
			Caltha
			Trollius
5,3 à 5,9	C	*Aquilegia*	
		Delphinium	*Eranthis*
		Aconitum	*Helleborus niger*
6 à 6,3	D		*Pæonia*
6,7			*Helleborus viridis*

En plus des trois groupes précédemment caractérisés ([1]), il apparaît nettement une différence pour les *Pæonia*, considérées en général comme un groupe divergent à côté des Helleborées. La teneur en azote protéique de ces plantes est, par rapport à l'azote total, plus élevée que dans les autres genres. De plus nous distinguons deux types d'Hellébores, dont la morphologie est par ailleurs nettement différente : *Helleborus niger* (Rose de Noël) et *Helleborus viridis* dont toutes les pièces sont vertes. D'autre part les Pulsatilles forment transition entre les Anémones au sens strict et les Clématites par un pollen plus riche en azote que les autres Anémonées. Quant aux genres *Caltha* et *Trollius* leur plus faible teneur en azote total et aussi en azote protéique en font un terme de passage entre les Renonculées et les Helleborées. On obtient ainsi une concordance satisfaisante avec les autres particularités des membres de cette famille.

Jusqu'à présent, la plupart des caractères chimiques invoqués à l'appui de la classification portaient sur des organes complexes dont les définitions morphologiques, de même que leurs poids respectifs étaient considérés par les systématiciens comme d'intérêt secondaire. Il s'agit ici de pollens, homogènes et de bonne qualité, c'est-à-dire d'éléments cellulaires semblables à eux-mêmes dans toutes les étamines des individus d'une même espèce et normalement à l'abri de l'influence directe du milieu; éléments dont la signification est particulière, à savoir l'expression épurée des caractéristiques de l'espèce.

HÉMATOLOGIE. — *Variations* in vitro *de la résistance globulaire sous l'influence des venins de serpent.* Note de M. **Jehan Vellard**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les nombreux travaux sur l'action hémolytique des venins de serpent ont surtout cherché à établir le mécanisme de la formation des hémolysines

dans le complexe sérum + venin. Les variations de la résistance globulaire sous l'action directe des venins ont été presque toujours négligées. J'ai recherché la manière dont se comportent des globules rouges de cheval lavés en présence de divers venins, avec ou sans addition de sérum normal de cheval.

L'observation peut être faite directement au microscope en mélangeant, sur une lame porte-objet, des quantités égales de venin (sol. 1 pour 1000), de globules (suspension 5 pour 100) et de sérum. Dans une première série d'expériences (témoins), les trois éléments sont mélangés au moment où le venin est ajouté au mélange sérum + globules. Dans une seconde série, les globules sont laissés quelques minutes en contact avec le venin avant l'addition du sérum.

Dès que les globules, seuls ou additionnés de sérum, entrent en contact avec un venin quel qu'il soit, ils se séparent, augmentent de volume, deviennent sphériques et plus réfringents ; ils sont animés d'un mouvement de rotation, puis se sédimentent. Aucune hémolyse en l'absence de sérum.

Quand le venin est ajouté aux globules en même temps que le sérum ou après celui-ci, on observe une hémolyse rapide, d'intensité variable suivant le pouvoir hémolytique de chaque venin. Elle s'accentue, passe en quelques minutes par un maximum, puis se ralentit ; avec les venins anticoagulants, elle se complète lentement (*Naja*, *Elaps*) ; avec les venins peu hémolytiques et fortement coagulants (*Bothrops*, *Crotalus*), elle s'arrête après un temps variable.

Quand le venin est resté quelques minutes en contact avec les globules avant l'addition du sérum, les résultats sont différents. Avec le venin de *Naja tripudians*, l'hémolyse (qui, dans le premier cas, apparaissait en 60-70 secondes, atteignait son maximum en 2-3 minutes et devenait presque totale en 45 minutes), ne commence à se manifester qu'en 8 ou 10 minutes; elle ne devient totale que plusieurs heures après et souvent un certain nombre de globules résistent.

Avec des venins coagulants, même très hémolytiques, les faits sont encore plus nets. Des globules laissés 3 minutes en contact avec un venin de *Crotalus terrificus* (échantillon très hémolytique du Venezuela) montrent à peine quelques traces d'hémolyse une dizaine de minutes après l'addition du sérum ; l'hémolyse peu active ne tarde pas à s'arrêter. Ajouté en même temps que le sérum, ce venin produit, en 2 à 3 minutes, une forte hémolyse, atteignant son maximum en 5 à 7 minutes, puis se ralentissant, sans arriver à être totale.

Ces faits peuvent être étudiés en tubes. Dans une série de tubes, on met des globules ($0^{cm^3},2$) et des doses croissantes de venin (0,02 à 1^{mg}); après 30 minutes d'incubation à 37°, chaque tube reçoit $0^{cm^3},2$ de sérum. Dans une série témoin, les trois éléments sont mélangés en même temps.

Les venins de *Naja*, *d'Elaps* et de *Lachesis muta* produisent une hémolyse plus lente, mais atteignant presque le même degré dans les tubes de réaction que dans les témoins. Avec les venins de *Bothrops* et de *Crotalus* étudiés, l'hémolyse des témoins varie avec chaque venin; elle est nulle dans les tubes de réaction, ou à l'état de traces dans les tubes ayant reçu les plus faibles doses de venin.

Dans toutes ces expériences le venin produit, dans les mélanges sérum + globules, un ralentissement progressif de l'hémolyse, à mesure que se prolonge l'expérience et un retard notable pouvant arriver à la suppression totale dans le cas de globules traités par le venin avant l'addition du sérum. Cette action est plus marquée avec les venins coagulants.

Ces modifications de la résistance globulaire aux hémolysines venimeuses ne sont pas toujours accompagnées de modifications simultanées de la résistance aux actions mécaniques (agitation) ou aux solutions hypotoniques. Il est facile de le vérifier en faisant agir des solutions de Na Cl de titres décroissants sur des globules normaux et sur des globules laissés en contact préalable avec des venins.

La diminution de résistance à cet effet physique est presque immédiate, en rapport direct avec l'activité hémolytique et inverse du pouvoir coagulant des venins; considérable avec les venins de *Naja*, d'*Elaps* et de *Lachesis*, elle est nulle ou peu marquée avec la plupart des venins de *Crotalus* et de *Bothrops*. La résistance est souvent augmentée avec les venins fortement coagulants et peu ou pas hémolytiques de *B. alternata* et *B. jararaca*.

L'action coagulante, dans ce cas, est l'agent de l'élévation de la résistance globulaire : elle est insuffisante pour expliquer à elle seule l'élévation de la résistance globulaire aux hémolysines venimeuses observée avec des venins anti-coagulants.

Les venins produisent des modifications rapides et profondes de l'équilibre colloïdal interne de globules, se traduisant par des changements de forme, de poids et de réfringence. Cette action commune à tous les venins paraît liée à leurs propriétés phosphatidasiques; elle démolit en partie la struture des globules, diminuant leur résistance aux actions physiques comme aux hémolysines venimeuses. Après cette phase positive, il semble que cette action, en se prolongeant, arrive à produire des modifications telles que les globules deviennent incapables de réagir aux hémolysines venimeuses (phase négative), tout en restant fragiles aux autres actions.

L'action coagulante intervenant alors avec certains venins s'ajoute à cette action antihémolytique pour renforcer la résistance globulaire aux hémolysines.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action des rayons X sur les éléments biologiques; le facteur de récupération.* Note [1] de M. **Jean Reboul**, transmise par M. Arsène d'Arsonval.

Lorsqu'un nombre donné d'éléments biologiques supposé fixe (c'est-à-dire soustrait à l'influence de tout facteur d'accroissement extrinsèque ou intrinsèque) est traité par une dose déterminée de rayons X, on constate qu'au bout d'un certain temps, le nombre d'éléments survivants est supérieur à celui auquel il était tombé immédiatement après l'application de la dose. Il existe donc un certain nombre d'éléments qui se sont remis de l'action destructive des rayons X; on dit qu'ils ont *récupéré* et leur ensemble définit le facteur de récupération ou de restauration.

L'évaluation du nombre de ces éléments présente un grand intérêt pratique dans le cas d'application des rayons X par la méthode des doses fractionnées et protactées; plusieurs auteurs ont essayé de calculer le facteur de récupération; nous nous proposons de l'évaluer d'une manière générale en nous dégageant de toute hypothèse *a priori* sur la nature de cette récupération; une simple application des principes du calcul des probabilités permet de résoudre le problème. Nous désignerons par γ la probabilité de récupération d'un individu dans un temps très court dt, par N le nombre initial d'individus, par Y_q le nombre d'individus encore intacts immédiatement après application de la dose q de rayons X. Dans ces conditions, on trouve que le nombre Y_t d'individus qui ont *récupéré*, au bout du temps t après l'application de la dose q, est donné par

$$Y_t = (N - Y_q)(1 - e^{-\gamma t}). \tag{1}$$

C'est une loi exponentielle simple que paraissent bien vérifier les résultats expérimentaux.

Un calcul classique montre que le nombre d'individus Y_q est donné par la formule

$$Y_q = NF(q),$$

en désignant par F (q) la suite de Poisson

$$F(q) = e^{-\alpha q}\left(1 + \frac{\alpha q}{1!} + \ldots + \frac{(\alpha q)^{p-1}}{(p-1)!}\right), \tag{2}$$

et en admettant que p *atteintes* soient nécessaires pour qu'un individu soit détruit. Mais si l'on admet qu'il existe une probabilité β pour qu'un élément ne soit pas détruit malgré qu'il ait été atteint p fois, on aura :

$$Y_q = N.H(q),$$

[1] Séance du 6 février 1939.

avec

$$\text{(3)} \qquad H(q) = F(q) + \beta^{1-p} e^{-\alpha q(1-\beta)}[1 - F(\beta q)].$$

Les formules (1), (2) et (3), qui sont générales et ne font intervenir aucune hypothèse *a priori* sur le mécanisme par lequel les rayons X agissent sur les éléments biologiques, permettent de résoudre la plupart des problèmes posés dans les applications radiothérapiques. On peut ainsi traiter le problème de l'action de plusieurs doses d'intensité q, deux doses successives étant séparées par un intervalle de temps constant θ. On trouve qu'immédiatement après l'application de la $n^{\text{ième}}$ dose, le nombre d'individus survivants est donné par la formule simple

$$Y_n = N[1 - e^{-\gamma\theta} + e^{-\gamma\theta} H(q)]^n.$$

Cette formule montrerait alors que l'on obtient un effet d'autant plus considérable que les doses employées sont plus fortes et séparées par des intervalles de temps plus courts, résultat qui semblait évident *a priori*.

La formule obtenue montrerait en outre qu'il n'existerait pas de loi d'application de rayons X fournissant un résultat optimum au point de vue de la destruction des éléments biologiques. Ce résultat semble alors en contradiction avec les données expérimentales et prouve que les hypothèses faites, bien que très générales, sont encore insuffisantes. Il faudrait tenir compte, dans l'étude des rayons X sur un ensemble d'éléments biologiques (cellules ou autres), d'un facteur intrinsèque modifiant dans le temps l'état de chacun des éléments ou d'un facteur modifiant le nombre des éléments. Ceci viendrait en accord avec les constatations déjà anciennes faites par les biologistes qui ont reconnu que les cellules étaient inégalement vulnérables au cours de leur vie et tout particulièrement au cours du cycle de leur division.

On est conduit à effectuer les calculs en considérant, par exemple, le nombre N des éléments comme une fonction du temps; la connaissance de cette fonction permettrait, d'après la discussion des formules, de prévoir les conditions optima d'application des radiations X à une population biologique donnée.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur une modalité particulière des phénomènes de choc.* Note (¹) de MM. **Henri Violle** et **L. Placidi**, présentée par M. Louis Martin.

W. J. Penfold et H. Violle ont observé (*British Medical Journal*, 14 février 1914; *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 521; *An. de l'Inst. Pasteur*,

(¹) Séance du 6 février 1939.

nov./déc. 1914, p. 930) que l'inoculation intraveineuse chez un lapin d'une forte quantité d'eau distillée suivie de l'injection d'une très faible quantité de culture ou toxine microbienne, d'ailleurs variée, provoquait presque à coup sûr la mort de l'animal, alors que l'injection de l'une seulement de ces substances dans les mêmes proportions, laisse les témoins parfaitement indifférents.

Le même résultat est obtenu par inoculation intraveineuse, en une seule fois, du mélange d'eau distillée et de toxines ou de germes.

Les auteurs pensent que la lyse des globules rouges provoque une sensibilisation particulière aux produits bactériens et proposent de désigner ce curieux phénomène, sous le nom de *toxohématolyse*.

Reprenant ces investigations, l'un de nous ([2]) a montré plus récemment que la nature microbienne de l'injection seconde ou du mélange n'avait qu'une importance très secondaire, puisqu'on obtient la mort du lapin, dans les mêmes conditions que précédemment, en remplaçant la toxine ou la culture microbienne par une faible quantité de sérum frais de cheval.

D'après l'étude clinique, l'auteur rapproche ces accidents de ceux que l'on observe dans l'intoxication aiguë anaphylactique et de ceux qui sont consécutifs aux interactions colloïdales, dont les nombreux travaux d'A. Lumière ont bien montré toute l'importance.

Les expériences suivantes nous paraissent apporter une nouvelle contribution à cet intéressant problème. La lyse globulaire est obtenue non plus par l'eau distillée, qui doit être injectée en très grande quantité, mais par quelques centimètres cubes seulement d'une solution de saponine telle que, inoculée dans la veine de l'oreille, elle tue le lapin en 20 minutes à la dose de 20^{cm^3}.

Chez des lapins neufs, on inocule dans les veines cette solution de saponine à doses croissantes. Des prélèvements successifs de sang permettent de suivre et de contrôler ainsi l'action de la saponine. Dès qu'on constate une lyse partielle du sang, on injecte à nouveau dans les veines de l'animal, 1^{cm^3} d'une culture de protéus de 24 heures. Le lapin succombe plus ou moins vite, après avoir présenté des symptômes en tous points comparables à ceux du choc anaphylactique : dyspnée, prurit, défécation, paralysie du train postérieur, parfois hématurie, coma etc., tandis que les témoins qui ont reçu simplement la saponine ou simplement la culture microbienne ne manifestent aucun trouble.

Modifiant encore nos expériences, nous avons remplacé les injections de culture par des injections d'encre de Chine diluée. Les mêmes résultats ont été constatés dans les deux cas.

([2]) H. Violle, *Bull. Acad. Médec.*, 116, 28 déc. 1936, p. 629.

Ces nouvelles observations nous fournissent quelques éclaircissements. C'est la théorie colloïdale d'A. Lumière qui nous offre l'interprétation la plus acceptable dans l'état actuel de nos recherches.

On peut admettre dans nos expériences, que l'hémolyse, en permettant le mélange de colloïdes globulaires et plasmatiques normalement séparés, a provoqué dans le liquide sanguin, l'apparition d'un état de stabilité précaire, insuffisant à lui seul pour produire des troubles apparents, mais que l'injection seconde a facilement détruit, au point d'amener la floculation et la mort.

Il s'agit d'un choc colloïdal, mais d'une modalité particulière dont l'entité paraît assez bien définie. L'anaphylaxie de Richet ne provoque des accidents que lors d'une injection seconde et tardive; le choc hémoclasique de Widal n'apparaît également qu'après une mise de l'organisme en état de sensibilisation, connue ou occulte; le choc colloïdal de Lumière fait, par contre, suite immédiatement à l'injection d'une unique substance. Dans nos expériences, c'est le mélange de deux substances de nature différente, injectées séparément l'une après l'autre, qui amène la mort, dans des conditions telles que l'une des deux injectée seule serait restée sans effet.

Quelle que soit l'interprétation que l'on puisse donner de ces faits, il est permis de les rapprocher, comme l'a montré l'un de nous [2], de certains accidents de cause indéterminée, consécutifs à des injections diverses, chez des individus ayant des affections représentées par des troubles sanguins variés ou même seulement par un état d'instabilité colloïdale du sang.

Les expériences rapportées ne présentent donc qu'un aspect particulier de la question. Il s'agit pour nous d'un phénomène d'ordre général, mettant bien en évidence le rôle primordial du *terrain* dans la pathologie de ces états mal définis d'intolérance.

Des expériences sont en cours concernant ces sujets.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

MÉMORIAL DES SCIENCES MATHÉMATIQUES

Publié sous le patronage de l'Académie des Sciences de Paris,
des Académies de Belgrade, Bruxelles, Bucarest, Coïmbre, Cracovie, Kiew, Madrid, Prague, Rome, Stockholm

Directeur : Henri VILLAT
Membre de l'Institut
Professeur à la Sorbonne
Directeur du Journal de Mathématiques pures et appliquées

Fascicules in-8 raisin (25-16) de 60 pages environ, se vendant séparément........... 20 fr.

Fascicules parus :

1. **APPELL (Paul).** — *Sur une forme générale des équations de la dynamique.*
2. **VALIRON (G.).** — *Fonctions entières et fonctions méromorphes.*
3. **APPELL (Paul).** — *Séries hypergéométriques de plusieurs variables, polynomes d'Hermite et autres fonctions sphériques de l'hyperespace.*
4. **OCAGNE (M. d').** — *Esquisse d'ensemble de la Nomographie.*
5. **LÉVY (P.).** — *Analyse fonctionnelle.*
6. **GOURSAT (E.).** — *Le problème de Bäcklund.*
7. **BUHL (A.).** — *Séries analytiques. Sommabilité.*
8. **DONDER (Th. De).** — *Introduction à la Gravifique einsteinienne.*
9. **CARTAN (E.).** — *La Géométrie des espaces de Riemann.*
10. **HUMBERT (P.).** — *Fonctions de Lamé et fonctions de Mathieu.*
11. **BOULIGAND (G.).** — *Fonctions harmoniques. Principes de Picard et de Dirichlet.*
12. **GOSSE (R.).** — *La méthode de Darboux pour les équations aux dérivées partielles $s = f(x, y, z, p, q)$.*
13. **VÉRONNET (A.).** — *Figures d'équilibre et Cosmogonie.*
14. **DONDER (Th. De).** — *Théorie des champs gravifiques.*
15. **ZAREMBA (S.).** — *La logique des mathématiques.*
16. **BUHL (A.).** — *Formules stokiennes.*
17. **VALIRON (G.).** — *Théorie générale des séries de Dirichlet.*
18. **SAINTE-LAGÜE (A.).** — *Les réseaux (ou graphes).*
19. **LAGRANGE (R.).** — *Calcul différentiel absolu.*
20. **BLOCH (A.)** — *Les fonctions holomorphes et méromorphes dans le cercle-unité.*
21. **JANET (M.).** — *Les systèmes d'équations aux dérivées partielles.*
22. **GODEAUX (L.).** — *Les transformations birationnelles du plan.*
23. **REMOUNDOS (G.).** — *Extension aux fonctions algébroïdes multiformes du Théorème de M. Picard et de ses*
24. **NORLUND (N.-E.).** — *Sur la « somme » d'une fonction.*
25. **DARMOIS (G.).** — *Les équations de la gravitation einsteinienne.*
26. **GAMBIER (B.).** — *Déformation des surfaces étudiée du point de vue infinitésimal.*
27. **APPELL (Paul).** — *Le problème géométrique des déblais et remblais.*
28. **COTTON (Émile).** — *Approximations successives et équations différentielles.*
29. **GUICHARD (C.).** — *Les courbes de l'espace à n dimensions.*
30. **ZORETTI (L.).** — *Les principes de la mécanique classique.*
31. **GAMBIER (Bertrand).** — *Déformation des surfaces étudiée du point de vue fini.*
32. **RIQUIER (Ch.).** — *La méthode des fonctions majorantes et les systèmes d'équations aux dérivées partielles.*
33. **BUHL (A.).** — *Aperçus modernes sur la théorie des groupes continus et finis.*
34. **VERGNE (H.).** — *Ondes liquides de gravité.*
35. **LECORNU (L.).** — *Théorie mathématique de l'élasticité.*
36. **APPELL (Paul).** — *Sur la décomposition d'une fonction méromorphe en éléments simples.*
37. **CERF (G.).** — *Transformations de contact et problème de Pfaff.*
38. **VALIRON (G.).** — *Familles normales et quasi normales de fonctions méromorphes.*
39. **NAGELL (T.).** — *L'analyse indéterminée de degré supérieur.*
40. **LEFSCHETZ (S.).** — *Géométrie sur les surfaces et les variétés algébriques.*
41. **SAINTE-LAGÜE.** — *Géométrie de situation et jeux.*
42. **CARTAN (E.).** — *La théorie des groupes finis et continus et l'Analysis situs.*
43. **DONDER (Th. De).** — *Applications de la Gravifique einsteinienne.*
44. **LEAU (L.).** — *Les suites de fonctions en général.*



Librairie-Imprimerie GAUTHIER-VILLARS

Tél. : DANTON 05-11 et 05-12 55, Quai des Grands-Augustins, PARIS (6e)

MÉMORIAL DES SCIENCES MATHÉMATIQUES (*suite*)

5. **WILKOSZ (W.).** — *Les propriétés topologiques du plan euclidien.*
6. **HAAG (J.).** — *Le problème de Schwarzschild.*
7. **TZITZÉICA (G.).** — *Introduction à la géométrie différentielle projective des courbes.*
8. **PETROVITCH (M.).** — *Intégration qualitative des équations différentielles.*
9. **KRYLOFF (N.).** — *Les méthodes de solution approchée des problèmes de la physique mathématique.*
0. **SALTYKOW (N.).** — *Méthodes classiques d'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre.*
1. **KOGBETLIANTZ (Ervand).** — *Sommations des séries intégrales divergentes par les moyennes arithmétiques et typiques.*
2. **HOSTINSKY (B.).** — *Méthodes générales du Calcul des probabilités.*
3. **ZERVOS (P.).** — *Le problème de Monge.*
4. **MANDELBROJT (S.).** — *Les singularités des fonctions analytiques représentées par une série de Taylor.*
5. **HUSSON (Édouard).** — *Les trajectoires de la dynamique.*
6. **ÉVANS (G.).** — *Stabilité et Dynamique de la production dans l'économie politique.*
7. **DELSARTE (Jean).** — *Les groupes de transformations linéaires dans l'espace de Hilbert.*
8. **DONDER (Th. De).** — *Application de la Gravifique einsteinienne à l'Electrodynamique des corps en mouvement.*
9. **LEAU (L.).** — *Les suites de fonctions en général (domaine complexe).*
0. **GOT (Th.).** — *Propriétés générales des groupes discontinus.*
1. **DULAC (H.).** — *Points singuliers des équations différentielles.*
2. **BUHL (A.).** — *Gravifiques. Groupes mécaniques.*
3. **HLAVATY (V.).** — *Courbes de la variété générale à N dimensions.*
4. **ORE (O.).** — *Les corps algébriques et la théorie des idéaux.*
5. **ADHÉMAR (R. d').** — *Balistique extérieure.*
6. **SHOHAT (Jacques Chokhate).** — *Théorie générale des polynomes orthogonaux de Tchebichef.*
7. **GODEAUX (L.).** — *Les transformations birationnelles de l'espace.*
8. **GOT (Th.).** — *Domaines fondamentaux des groupes fuschiens et automorphes.*
9. **KOSTITZIN (V. A.).** — *Applications des équations intégrales (applications statistiques).*
0. **SALTYKOW.** — *Méthodes modernes d'intégrations des équations aux dérivées partielles du premier ordre à une fonction inconnue.*

71. **BOULIGAND.** — *Géométrie infinitésimale directe et physique mathématique classique.*
72. **ROSENBLATT.** — *Solutions exactes des équations du mouvement des liquides visqueux.*
73. **WALSH.** — *Approximation by Polynomials in the complex Domain.*
74. **GUICHARD (M. C.).** — *Théorie des Réseaux.*
75. **HERBRAND (J.).** — *Le développement moderne de la théorie des corps algébriques.*
76. **VRANCEANU.** — *Les Espaces non holonomes.*
77. **GUICHARD.** — *Théorie Générale des Réseaux. Applications.*
78. **DUBOURDIEU.** — *Questions topologiques de géométrie différentielle.*
79. **MINETTI (Silvio).** — *Sur quelques espaces fonctionnels et sur la géométrie de certains Holoespaces.*
80. **SOULA (J.).** — *L'Équation intégrale de première espèce à limites fixes et les fonctions permutables à limites fixes.*
81. **POTRON.** — *Les Groupes de Lie.*
82. **ZAREMBA.** *Sur une conception nouvelle des forces intérieures dans un fluide en mouvement.*
83. **JUVET (Gustave).** — *Mécanique analytique et mécanique ondulatoire.*
84. **FREDA (Hélène).** — *Méthodes des Caractéristiques pour l'intégration des équations aux dérivées partielles linéaires hyperboliques.*
85. **KAMPÉ DE FÉRIET (J.).** — *La fonction hypergéométrique.*
86. **GEIRINGER (Hilda).** — *Fondements mathématiques de la théorie des corps plastiques isotropes.*
87. **PRAGER (W.).** — *Mécanique des solides isotropes au delà du domaine élastique.*
88. **WEINSTEIN (A.).** — *Étude des spectres des équations partielles de la théorie des plaques élastiques.*
89. **VALIRON (Georges).** — *Directions de Borel des fonctions méromorphes.*
90. **TRJITZINSKY (W. J.).** — *Analytic theory of non linear singular differential equations.*
91. **DE SÉGUIER et POTRON.** — *Théorie des groupes abstraits.*
92. **MORSE (M.).** — *Functional topology and abstract variational theory.*
93. **DIEUDONNÉ (J.).** — *La théorie analytique des polynomes d'une variable (à coefficients quelconques).*
94. **VINCENSINI (Paul).** — *Corps connexes. Séries linéaires. Domaines vectoriels.*
95. **FELDHEIM.** — *Théorie de la Convergence des procédés d'interpolation et de quadrature mécanique.*
96. **FINIKOFF.** — *Déformation à réseau conjugué persistant et problèmes géométriques qui s'y rattachent.*

Nombreux fascicules en préparation. — Consulter la notice spéciale.



N° 7.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 13 Février 1939).

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

NOMINATIONS.

ÉLECTIONS.

CORRESPONDANCE.

N° 7.

TABLE DES ARTICLES (*suite*).

CORRESPONDANCE (*suite*).

1939

PREMIER SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS

TOME 208

N° 8 (20 Février 1939).



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55

1939

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LA SÉANCE DU 13 JUILLET 1835
ET MODIFIÉ DANS LES SÉANCES DES 24 FÉVRIER 1840, 23 JUIN 1862, 24 MAI 1875, 8 JUIN 1925.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances* **de** *l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y deux volumes par année.

ARTICLE 1. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus *quatre* pages par numéro.

Un membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de *dix* Notes par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les *dix* Notes accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus *trois* pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de *huit* Notes par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne porte en rien préjudice au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de la discussion.

Les Rapports relatifs aux prix décernés ne sont imprimés dans les *Comptes rendus* qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Notes des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie ne peuvent pas dépasser *deux* pages *et demie*. Le nombre des Notes d'un même auteur ne peut être supérieur à *cinq* par année.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Des figures ne pourraient être exceptionnellement autorisées que si elles étaient déposées sur le Bureau en même temps que la Note présentée. L'espace occupé par ces figures compte alors pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

NOTA. — *La page comprend* 38 *lignes de* 67 *lettres ou intervalles.*

AVIS AUX AUTEURS

Les références bibliographiques des Notes destinées aux *Comptes rendus* doivent être aussi complètes que possible et comprendre, par exemple pour les Périodiques, l'indication du tome, de l'année et de la page.

(*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1057.)

Les auteurs qui ne se conformeront pas à cette règle seront exposés à voir leurs Notes retardées jusqu'à ce que les indications jugées nécessaires et signalées *sur les épreuves* aient été fournies.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le samedi qui précède la séance, avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise...

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 FÉVRIER 1939.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur LOUIS FABRY, par M. **GASTON FAYET** (¹).

Né à Marseille, le 20 avril 1862, **LOUIS FABRY** avait manifesté, alors qu'il suivait encore les cours du lycée, un vif penchant pour les études astronomiques. A sa sortie de l'École polytechnique, où il avait été reçu très jeune, il subit brillamment, en une seule année, les examens des deux licences de mathématiques et de physique. En 1884 il obtient son admission à l'École d'Astronomie qui existait alors à l'Observatoire de Paris et comportait un stage dans les divers services d'observation et de calcul. Dès 1885, chargé d'essayer, pour la recherche des comètes, le premier équatorial coudé (système Loewy) installé en France, il découvre, le 1ᵉʳ décembre, une comète nouvelle qui devient bientôt visible à l'œil nu et peut être suivie pendant plus de sept mois.

Nommé, à la fin de 1886, au bel Observatoire que venait de créer le généreux mécène, R. Bischoffsheim, le jeune astronome est chargé par le directeur, Perrotin, d'installer le grand cercle méridien Brünner, puis d'observer avec cet instrument; il procède, en particulier, au travail long et délicat qu'exige la détermination précise des erreurs de division du cercle. De 1887 à 1889, il effectue de nombreuses observations méridiennes d'étoiles de comparaison et de couples du catalogue W. Struve.

En 1890 Louis Fabry obtient sa nomination à l'Observatoire installé dans sa ville natale, établissement qu'il n'a plus quitté jusqu'à l'âge de la retraite. Pendant ces quelque trente-cinq ans, non seulement il a dirigé

(¹) Séance du 13 février 1939.

successivement les principaux services d'observation, y compris celui concernant la séismologie, mais il consacra une grande partie de son activité aux recherches de mécanique céleste appliquée, pour lesquelles il possédait de remarquables aptitudes.

Ses études portent principalement sur les problèmes touchant les orbites de comètes ou de petites planètes.

La question de l'origine des comètes préoccupe les astronomes et les physiciens depuis les temps les plus reculés. Ces astres, qui passent à notre voisinage, viennent-ils, en effet, de l'espace sidéral ou appartiennent-ils à notre système solaire?

Lorsque L. Fabry aborde ce problème, en 1893, les deux hypothèses ont d'ardents et éminents partisans; notre collègue décide de reprendre l'examen des arguments donnés jusqu'alors en faveur de l'une ou l'autre des deux théories et de les soumettre à un calcul mathématique minutieux. C'est l'objet de la thèse qu'il soutient peu après devant la Faculté des Sciences de Paris, dans un Mémoire intitulé *Étude sur la probabilité des comètes hyperboliques et l'origine des comètes*. Après un exposé critique des travaux antérieurs, il ajoute d'importants résultats nouveaux et parvient à la conclusion suivante : « L'absence d'orbites fortement hyperboliques, parmi les comètes que nous voyons de la Terre, est inexplicable dans la théorie qui fait venir ces astres des espaces interstellaires et les rattache au monde des étoiles; en conséquence, cette hypothèse doit être rejetée et les comètes doivent être considérées comme des membres du Système solaire ».

Toutefois ces conclusions n'avaient pas encore convaincu la totalité des astronomes, parce que le calcul donne, pour plusieurs comètes, des orbites légèrement hyperboliques. On commença donc à étudier également le problème de l'origine des comètes par l'examen direct des orbites et le calcul très précis de leurs excentricités antérieures à l'apparition. La question parut suffisamment digne d'intérêt à l'Académie des Sciences pour que celle-ci mît au concours, pour 1905, la solution du problème suivant : « Il existe une dizaine de comètes dont l'orbite, pendant la période de visibilité, s'est montrée de nature hyperbolique. Rechercher, en remontant dans le passé et en tenant compte des perturbations des planètes, s'il en était ainsi avant l'arrivée de ces comètes dans le Système solaire ».

Les deux Mémoires remis (et d'ailleurs couronnés tous deux), dont l'un dû à Louis Fabry, se trouvèrent d'accord pour confirmer pleinement les résultats obtenus dans la Thèse de notre Collègue : les orbites de toutes les comètes connues sont, à l'origine, paraboliques ou elliptiques.

Les premières études de L. Fabry sur les petites planètes remontent à 1885, époque à laquelle l'augmentation rapide des découvertes contraint à envisager des méthodes plus rapides pour le calcul de leurs orbites.

Il s'agissait, en premier lieu, de simplifier la confection des éphémérides : dans ce but L. Fabry a donné des Tables fort utiles permettant de conclure facilement l'anomalie vraie de l'anomalie moyenne, sans passer par l'anomalie excentrique; le rayon vecteur s'en déduit ensuite rapidement. Ces tables, qui ont rendu de grands services, ont permis à l'auteur et au bureau de calculs qu'il avait organisé à l'Observatoire de Marseille, de publier plusieurs milliers d'éphémérides.

L. Fabry élabora, un peu plus tard, un procédé ingénieux pour rectifier les éphémérides, en modifiant uniquement l'anomalie moyenne. Véritable précurseur, il insistait, il y a déjà plus de 30 ans, sur les grands avantages dont pourraient profiter les calculs astronomiques lorsque seraient suffisamment perfectionnées les machines à calculer.

Les astronomes éprouvent fréquemment de sérieuses difficultés pour identifier les petites planètes trouvées visuellement ou sur les clichés. On doit à L. Fabry une méthode simple et efficace qui donne la possibilité, avec deux observations approchées, de reconnaître un astéroïde par un calcul facile exécuté avec peu de décimales. Cette méthode a d'ailleurs été expérimentée avec succès dans des cas particulièrement difficiles.

Parmi les nombreux Mémoires que l'on doit encore à notre Confrère, je me contente de citer une nouvelle méthode pour le calcul des orbites des planètes et une étude sur les perturbations dans les orbites circulaires.

Quatre fois lauréat de l'Académie des Sciences, Louis Fabry a été élu Correspondant pour notre Section d'Astronomie, le 3 mars 1919.

C'est avec une profonde tristesse que je rends ce bien modeste hommage à la mémoire de l'éminent Confrère, de l'excellent Collègue, dont j'ai pu, au cours de très cordiales relations qui ont duré presque un demi-siècle, apprécier toute la bienveillance et la si haute valeur morale.

Notice nécrologique sur M. Marcel Godchot, par M. **Marcel Delépine**.

C'est avec une surprise douloureuse que l'Académie apprit la mort de **Marcel Godchot**, élu Correspondant pour la Section de Chimie le 17 février 1936. Notre Confrère, né le 11 octobre 1879, à Baccarat, n'avait pas encore la soixantaine.

La vie de Godchot a été consacrée constamment au service de la Chimie, et cela suivant un rythme marqué de successives et régulières ascensions. Ses études secondaires terminées, Godchot entra comme élève à l'Institut de Chimie de Nancy; en 1903 il en sortait avec le titre d'Ingénieur-Chimiste. Aussitôt il entra comme préparateur chez notre Confrère Émile Jungfleisch et resta chez lui jusqu'en 1908; ses aptitudes exceptionnelles étaient de celles dont un maître compréhensif ne demande qu'à favoriser l'essor, de sorte que, tout en travaillant avec Jungfleisch, Godchot put parachever sa licence d'enseignement et préparer une thèse de Doctorat ès-sciences d'État, qu'il soutint en 1907, sur les hydrures d'anthracène.

Dès lors, la carrière universitaire de Godchot se déroule avec rapidité : en 1908 il est appelé à Montpellier comme chargé de Cours de Chimie appliquée à la Faculté des Sciences; la même année il est nommé maître de Conférences et, en 1919, professeur titulaire. Deux ans plus tard, ses collègues de la Faculté des Sciences le choisirent comme doyen et, depuis, lui renouvelèrent toujours leur confiance et leur estime en le maintenant à leur tête. C'est que Godchot était non seulement un éminent savant, mais un organisateur de premier plan. A titre de doyen et de professeur de chimie, il fut chargé de la réédification de l'Institut de Chimie de Montpellier, qu'il dirigeait depuis 1926. Il a conçu pour cet établissement des plans qui ne lui ont valu que des éloges lors de l'inauguration en 1935; c'est à la fois un magnifique bâtiment pour l'enseignement et pour la recherche scientifique, grâce aux installations très modernes dont il a été doté.

L'œuvre scientifique de Godchot se rattache essentiellement à la chimie organique. Ce furent tout d'abord, vers 1904, avec Jungfleisch, des recherches sur les acides lactiques, racémique et actif, ainsi que sur les dilactides, les acides dilactyliques, puis sa thèse sur les hydrures d'anthracène. Dans ce dernier travail, Godchot, appliquant les méthodes d'hydrogénation de Sabatier et Senderens, put obtenir le tétradécahydrure, l'octohydrure et le tétrahydrure, suivant que la température était de 175°, de 200° ou de 260°. L'hydruration est d'autant plus accentuée que la température est plus basse.

Ce premier contact avec les hydrures cycliques devait lier Godchot à un thème dont il a multiplié les développements, la chimie des composés hydrocycliques. Ce fut le sujet de prédilection autour duquel, seul ou avec de nombreux élèves, dont il sut s'entourer à Montpellier, il orienta la plupart de ses travaux. Nous ne pouvons en donner qu'une esquisse des plus sommaires.

Série cyclopentanique, avec Taboury; série cyclopentanique encore, série cyclohexanique, cycloheptanique, cyclooctanique, avec Bedos, Mlle Cauquil, Mousseron, sont abordées. Ce fut un travail considérable, car les matières de départ sont plutôt rares et coûteuses. De ces diverses substances, plus ou moins méthylées, on dérive des alcools, des diols, des époxydes, des halogéno-hydrines, des aminoalcools, des hydroxy-acides etc. Les recherches sont poussées à leur fin la plus parfaite par le dédoublement optique des racémiques, ce qui permet d'établir la configuration *cis* ou *trans* de la plupart d'entre eux. La conception et l'orientation de ces travaux nécessitaient beaucoup de science, beaucoup de suite et d'habileté, car on y observe, en plus, des transpositions qu'il faut ensuite démontrer. Citons encore l'obtention des *bis*-tétraméthylène et *bis*-pentaméthylène-pyrazines et des pipérazines correspondantes dont on a pu isoler trois formes isomériques. D'autres recherches se rapportent à des hydrogénations variées, triphénylméthane, anhydride-phtalique etc.

Cet ensemble démontre la maîtrise de Godchot; aussi l'Académie en avait-elle reconnu la grande valeur en le récompensant par l'attribution du prix Jecker, puis en choisissant Godchot comme Correspondant; elle voulut ainsi marquer sa haute estime envers ce chercheur infatigable qui avait su créer et maintenir en province un centre de travail des plus intenses et des plus productifs.

L'Académie s'associe au deuil qui vient de frapper l'Université de Montpellier, les élèves et les collaborateurs de Godchot. Elle présente à Mme Godchot et à sa famille l'expression de ses sentiments de condoléances les plus émus.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'inulogenèse chez les plantes annuelles.* Note de M. **Henri Colin** et Mlle **Marie-Madeleine Chollet.**

L'inuline est tellement répandue dans la famille des Composées qu'on regarde comme des singularités les quelques plantes qui en sont dépourvues sous notre climat. Ce sont toutes des espèces annuelles, telles que *Senecio vulgaris*, *Helianthus annuus*, *Artemisia annua* etc.

Rien par ailleurs ne les sépare d'une façon péremptoire des autres espèces de même genre et il ne viendrait à l'idée de personne de créer pour les Soleils annuels un genre spécial. Hélianthes vivaces et annuels sont des plantes voisines en dépit de l'absence d'inuline dans ces derniers; les uns

peuvent vivre exclusivement de la sève des autres comme le montrent les expériences de greffage, la plupart ont 17 chromosomes, quelques-uns, tous vivaces, dont le Topinambour, en ont 51 ; il n'a jamais été question d'un dispositif cytologique quelconque en rapport avec l'inulogenèse. C'est à se demander si l'absence d'inuline, dans les Composées annuelles, est autre chose qu'une adaptation, un état physiologique susceptible d'être modifié plus ou moins.

Aucun des artifices auxquels on a recours en pareil cas ne nous a permis jusqu'alors de provoquer la formation d'inuline dans le Soleil annuel ; ni décortication, ni marcottage, ni injections de sucres, nulle sorte de greffe, pas davantage l'ablation précoce des bourgeons floraux.

Le Seneçon commun se montre un peu moins réfractaire. Le suc de la plante, racine et tige, est normalement dextrogyre, sans autre glucide soluble que du saccharose et un peu de sucre réducteur; la suppression des fleurs entraîne le plus souvent un changement de signe optique. Le pouvoir rotatoire global des glucides solubles peut ainsi descendre à — 10 et — 40 avant et après hydrolyse, alors qu'il se tient vers + 45 et — 15 dans les plantes normales. La condensation toutefois n'est pas poussée très loin; la moitié environ du contenu glucidique reste à l'état de sucre réducteur.

Le cas d'*Artemisia annua* est plus net encore; greffée sur Absinthe, elle se montre bel et bien pourvue d'inuline, ce qui ne l'empêche pas de se dessécher en fin de saison jusqu'au niveau de la greffe, nonobstant la pérennance du sujet.

Ajoutons que la formation de l'inuline est assez aléatoire dans la tige des Composées vivaces. Dans les conditions normales, on ne l'observe jamais qu'à bonne distance du sommet, bien au-dessous de la région de croissance, et pour peu que la végétation soit exubérante, la tige, du haut en bas, ne renferme d'autre glucide que du saccharose et du sucre réducteur. Au contraire, un rameau de Topinambour enté sur Absinthe où il reste chétif se gorge d'inuline faute de pouvoir utiliser ou évacuer assez vite les sucres qu'il élabore.

On a ainsi tous les cas possibles d'inulogenèse dans la famille des Composées; il faut prendre garde d'ériger en caractère primordial ce qui n'est que simple adaptation, encore qu'une longue habitude puisse devenir une seconde nature.

On ne voit pas quelle relation pourrait s'imposer entre la présence ou l'absence d'inuline et le fait, pour une plante, d'être vivace ou annuelle. Les Seneçons d'Afrique et d'Amérique australes, *Senecio angulatus*,

odorus, *subscandens*, *articulatus* etc., que nous cultivons en serre pour leurs tiges charnues et persistantes n'ont pas plus d'inuline, dans ces conditions, que le Seneçon commun, dans la tige tout au moins.

Sous notre ciel les espèces annuelles de Composées sont normalement dépourvues d'inuline, mais en est-il de même dans les autres familles de plantes à fructosanes?

Nombreuses sont les Dicotylédones où les anciens auteurs ont signalé la présence de l'inuline, sans autre preuve, le plus souvent, que la formation de sphérolithes sur les coupes des tissus immergés dans l'alcool ou le glycérol. Il s'en faut que ce verdict soit partout confirmé par l'analyse. Parmi les familles à inuline il faut citer les Malpighiacées, les Campanulacées les Lobéliacées. Ces deux dernières sont constituées en grande partie par des plantes bisannuelles ou vivaces, mais il en est quelques-unes d'annuelles, comme *Specularia Speculum*, *Campanula strigosa*, *Lobelia Erinus*, pour ne citer que celles dont les racines sont grêles et ligneuses; d'autres, telle *Campanula longistyla*, considérées comme annuelles, ont des racines charnues qui peuvent passer l'hiver s'il n'est pas trop rigoureux et bourgeonner du collet au printemps.

Ces plantes ont toutes de l'inuline ou quelque chose d'analogue; leur suc est nettement lévogyre. Les racines de *Specularia Speculum* ne dépassent pas 1^{mm} de diamètre, elles n'en renferment pas moins, fin juin, alors que la plante est en pleine floraison, $2^{g},8$ pour 100 de fructosane contre $0^{g},5$ de sucre réducteur et $0^{g},1$ de saccharose, mélange de pouvoirs rotatoires égaux à -13 et -67. Le fructosane n'est pas confiné dans la partie souterraine, on le trouve tout le long de la tige.

Les racines de *Lobelia Erinus* ont une composition analogue; celles de *Campanula strigosa*, plante minuscule, sont trop grêles pour être séparées du reste; l'analyse de l'ensemble n'en révèle pas moins la présence de fructosane. A ces petites plantes on peut joindre *Wahlenbergia hederacea*, bien que vivace dans nos régions. Si ténues que soient ses tiges qui rampent parmi les mousses et le gazon des prairies humides, leur suc est nettement inulifère. Quant à *Campanula longistyla*, ses racines sont abondamment pourvues de fructosanes, tout comme celles des espèces bisannuelles.

Les conditions de l'inulogenèse paraissent ainsi plus facilement réalisées chez les Campanulacées que chez les Composées; c'est l'idée que suggère également la présence constante et précoce des fructosanes dans les racines des Campanulacées vivaces aussi bien que dans les tiges de première et de

seconde année sur toute leur longueur jusqu'au voisinage immédiat du sommet.

Tel est, suivant le mot d'Adamson, *le génie de chaque famille*, dont nous sommes loin de connaître tous les ressorts.

M. **Albert F. Blakeslee** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Fifteen-Year Breeding Records of* $2n+1$ *Types in Datura stramonium*, qu'il a écrit en collaboration avec M. Amos G. Avery.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** prie l'Académie de lui présenter une liste de trois candidats à l'emploi de Chimiste en chef de l'Administration des *Monnaies et Médailles*, qui sera vacant au mois de juin 1939.

M. **Zéphyrin Carrière** adresse un Mémoire intitulé *Analyseur mesurant les phases relatives des harmoniques d'un son*, contenant l'exposé d'un travail exécuté à l'aide de la subvention accordée par l'Académie en 1937.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Les corrélations entre individus apparentés, dans l'hypothèse d'homogamie*. Note de M. **Gustave Malécot**, présentée par M. Émile Borel.

Nous conservons les hypothèses et notations de notre Note précédente [1].

Corrélation entre parent et enfant. — Soit H la contribution aléatoire d'un des facteurs chez le parent, et soient i, j, k ses valeurs dans les trois phases possibles. Soient H_1 la contribution du même facteur et K_1 (de valeurs i', j', k') celle d'un autre facteur chez l'enfant. On trouve, pour la

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 407.

table de corrélation entre H et K_1,

$$\begin{array}{lllll} & K_1 = & i'. & j'. & k'. \\ & i\ldots\ldots & (11)\star p' & (11)\star q' + (13)\star p' & (13)\star q' \\ H = & j\ldots\ldots & (21)\star p' & (21)\star q' + (23)\star p' & (23)\star q' \\ & k\ldots\ldots & (31)\star p' & (31)\star q' + (33)\star p' & (33)\star q' \end{array}$$

en posant

$$(11) = (11) + \frac{(12)}{2}, \quad \ldots; \qquad (01) = p', \quad \ldots$$

Pour la corrélation entre H et H_1, on a la table

$$\begin{array}{lllll} & H_1 = & i. & j. & k. \\ & i\ldots\ldots\ldots\ldots & P\star p & P\star q & 0 \\ H = & j\ldots\ldots\ldots\ldots & Q\star p & Q & Q\star q \\ & k\ldots\ldots\ldots\ldots & 0 & R\star p & R\star q \end{array}$$

en posant $(10) = p, \ldots; (10) = P, (20) = 2Q, (30) = R$.

De la première table on peut déduire que la corrélation entre H et le résidu de dominance de K_1 est de l'ordre de λ^2, que nous supposons maintenant négligeable. Cela entraîne que la corrélation entre le caractère $x = \Sigma H$ du parent et le résidu de dominance global D_1 de l'enfant est de l'ordre de λ/n, que nous supposons aussi négligeable. $M(xx_1)$ se réduit alors à $M(xz_1)$, qui est égal à $M(z^2)(1+m)/2$. On justifie ainsi pour le coefficient de corrélation parental la valeur approchée admise par Fisher [2],

$$p = \frac{\delta^2(1+m)}{2}.$$

Corrélation entre frères. — Soient H_1 et H_2, K_1 et K_2 les contributions des facteurs H et K chez deux frères. On peut montrer que

$$M(H_1K_2) = M(H_1K_1),$$

$$g = M(H_1^2) - M(H_1H_2) = Q\star\left[p(i-j)^2 + q(j-k)^2 - \frac{Q}{4}(i-2j+k)^2\right].$$

On en déduit, x_1 et x_2 désignant les caractères x chez les deux frères,

$$M(x_1x_2) = M(x^2) - \Sigma g.$$

Or, en supposant négligeables λ^2 et λ/n, Σg se réduit à $\Sigma(\beta^2/2) + (3\Sigma\varepsilon^2)/4$. En utilisant les équations (3) de ma Note précédente, on obtient pour la

(2) *Transact. of the R. S. of Edinburgh*, 52, 1918, p. 420.

corrélation fraternelle

$$f = \frac{M(x_1 x_2)}{M(x^2)} = \frac{1+A}{2}\delta^2 + \frac{1}{4}(1-\delta^2) \qquad \text{(cf. Fisher, } op.\ cit., \text{ p. 422).}$$

Influence du milieu. — Si nous supposons que l'influence des conditions de milieu a pour effet d'ajouter à x un terme aléatoire indépendant e, le caractère mesuré étant alors $y = x + e$, et le coefficient de corrélation entre les y des deux conjoints étant μ, les coefficients de corrélation entre leurs x et entre leurs z seront $m = c^2\mu$ et $A = \delta^2 c^2 \mu$, c^2 désignant le rapport $M(x^2)/M(y^2)$. La corrélation parentale, pour les y, devient $c^2\delta^2(1+\mu)/2$, et la corrélation fraternelle est simplement multipliée par c^2.

La comparaison de ces formules avec les coefficients de corrélation mesurés par Pearson (*Biometrika*, II) fournit sensiblement $c^2 = 1$, c'est-à-dire que le rôle du milieu est alors négligeable. Au contraire, le coefficient δ^2 qui caractérise le rôle de la dominance est de l'ordre de 0,75 (voir Fisher, *op. cit.*, p. 423).

ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES. — *Sur la compatibilité des points singuliers stables des équations différentielles.* Note de M. **Vladimir A. Kostitzin**, présentée par M. Jacques Hadamard.

J'ai montré [1] que, dans le cas des équations différentielles Lotka-Volterra, la stabilité d'un point singulier a comme conséquence l'instabilité d'un certain nombre de points singuliers vérifiant certaines conditions assez simples. Je vais montrer actuellement que cette propriété subsiste, *mutatis mutandis*, pour des équations différentielles beaucoup plus générales. Soit

$$(1) \qquad p'_k = \varphi_k(p_1, p_2, \ldots, p_n) \qquad (k = 1, 2, \ldots, n)$$

un système de n équations différentielles, les fonctions φ_k étant continues et dérivables dans un certain domaine D de l'espace $(p_1, p_2, \ldots, p_n)$.

Formons le jacobien J de ces fonctions. Ce déterminant doit être positif dans chaque point singulier stable du système (1). Considérons dans le domaine D une courbe C_n formée par l'intersection des surfaces

$$(2) \qquad \varphi_1 = 0, \quad \varphi_2 = 0, \quad \ldots, \quad \varphi_{n-1} = 0.$$

(1) *Comptes rendus*, 208, 1938, p. 411-414.

Soient $P_1(a_1, a_2, \ldots, a_n)$, $P_2(b_1, b_2, \ldots, b_n)$ deux points singuliers voisins se trouvant sur cette courbe. Représentons l'arc P_1, P_2 sous la forme paramétrique

$$p_1 = \psi_1(u), \qquad p_2 = \psi_2(u), \qquad \ldots, \qquad p_n = \psi_n(u). \tag{3}$$

Le long de cet arc les fonctions $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_{n-1}$ restent nulles alors que la fonction φ_n ne s'annule que pour les valeurs $u = u_1$, $u = u_2$ correspondant aux extrémités de l'arc. Dans ces conditions, toujours le long de cet arc, le jacobien J peut être exprimé comme produit de deux facteurs

$$J = \frac{d\varphi_n}{du} \frac{J_{nn}}{\dfrac{d\psi_n}{du}} = \frac{d\varphi_n}{du} \chi_n(u), \tag{4}$$

en désignant par J_{nn} le mineur diagonal correspondant à l'élément $\partial\varphi_n/\partial p_n$ du jacobien. De ces deux facteurs, seul le premier dépend de la fonction φ_n; le second $\chi_n(u)$ dépend exclusivement de l'arc $P_1 P_2$.

Supposons maintenant que la fonction $\chi_n(u)$ ne s'annule et ne change de signe nulle part dans l'intervalle (u_1, u_2). Comme la fonction $\varphi_n(u)$ ne s'annule que pour $u = u_1$ et $u = u_2$, la dérivée $d\varphi_n/du$ et par conséquent le jacobien J ont au voisinage des deux extrémités de l'intervalle (u_1, u_2) des signes opposés. Donc, de la stabilité du point singulier P_1 résulte l'instabilité du point singulier voisin P_2 et inversement. En répétant ce raisonnement pour chacune des n courbes analogues passant par un point singulier stable, on trouve que tous les points singuliers voisins sont instables pourvu que les fonctions $\chi_1, \chi_2, \ldots, \chi_n$, analogues à celle figurant dans l'équation (4), ne changent pas de signe sur les arcs respectifs. Remarquons que nous n'utilisons pas ici d'autres conditions nécessaires de la stabilité.

Dans le cas étudié dans ma Note précédente les arcs sont composés exclusivement des segments rectilignes, ce qui simplifie extraordinairement les choses.

FONCTIONS D'UNE VARIABLE RÉELLE. — *Solution du problème de Carleman pour un intervalle ouvert fini.* Note [1] de MM. **Henri Cartan** et **Szolem Mandelbrojt**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soit I un intervalle ouvert. Nous définissons les classes de fonctions comme dans la Note de H. Cartan [2] : étant donné une suite illimitée de

---

[1] Séance du 6 février 1939.

[2] *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 414.

quantités A_n positives (finies ou infinies), on dit qu'une $f(x)$ réelle, indéfiniment dérivable sur I, appartient à la classe $\{A_n\}$, si à tout point de I on peut associer un voisinage de ce point et un $\lambda > 0$ fini, de manière que l'on ait, en tout point x de ce voisinage,

$$|f^{(n)}(x)| \leqq \lambda^n A_n \quad \text{pour tout entier} \quad n > 0.$$

Dans ce qui suit, nous supposerons expressément que les A_n ne sont pas tous infinis à partir d'un certain rang.

Nous allons donner une solution, pour tout intervalle *ouvert fini*, du problème de Carleman ([3]). Ce problème, qui a son origine dans l'étude des classes quasi analytiques, mais qui se pose aussi bien pour les classes qui ne sont pas quasi analytiques, est le suivant : *à quelle condition doivent satisfaire les coefficients* A_n *et* A'_n *de deux suites pour que la classe* $\{A_n\}$ *soit contenue dans la classe* $\{A'_n\}$?

2. Rappelons d'abord en quoi consiste la « régularisation exponentielle » ([4]) d'une suite $\{A_n\}$. Posons, pour chaque $r > 0$,

$$S(r) = \max_{0 \leqq n \leqq r} \frac{r^n}{A_n},$$

puis, pour chaque entier $n \geqq 0$,

$$A_n^0 = \overline{\text{borne}}_{r \geqq n} \frac{r^n}{S(r)}.$$

On a évidemment $A_n^0 \leqq A_n$; l'égalité a lieu pour une infinité de valeurs de n; d'ailleurs les A_n^0 sont tous *finis* à partir d'un certain rang.

Étant donnée une deuxième suite $\{A'_n\}$, désignons par $S'(r)$ la fonction relative à cette suite. On voit aisément que chacune des trois conditions suivantes est équivalente aux deux autres :

(1) $\quad A_n^0 \leqq A'_n \quad$ pour tout $n \geqq 0$;

(2) $\quad A_n^0 \leqq A_n'^0 \quad$ pour tout $n \geqq 0$;

(3) $\quad S(r) \geqq S'(r) \quad$ pour tout $r \geqq 0$.

La suite $\{A_n^0\}$, régularisée exponentielle d'une suite $\{A_n\}$, est susceptible d'une interprétation géométrique simple qui justifie son nom.

([3]) Pour la bibliographie des recherches concernant ce problème, voir la Note citée en ([2]).

([4]) Ce procédé a été introduit par S. Mandelbrojt (*Séries de Fourier et Classes quasi analytiques*, Paris, 1935, p. 95-96). Au sujet des procédés de régularisation en général, voir S. Mandelbrojt, *La régularisation des fonctions* (*Actualités scientifiques*, fasc. 733, 1938).

3. Ces préliminaires étant rappelés, le problème de Carleman pour un intervalle ouvert fini est complètement résolu par le théorème suivant :

THÉORÈME FONDAMENTAL. — *Pour qu'une classe* $\{A_n\}$ *soit contenue dans une classe* $\{A'_n\}$ *sur un intervalle ouvert fini, il faut et il suffit que l'on ait*

$$\overline{\lim_{n\to\infty}}\left(\frac{A_n^0}{A'_n}\right)^{\frac{1}{n}} < +\infty, \tag{4}$$

ou, ce qui revient au même,

$$\overline{\lim_{n\to\infty}}\left(\frac{A_n^0}{A'^0_n}\right)^{\frac{1}{n}} < +\infty. \tag{4'}$$

Dans le cas particulier où $A'_n = n!$, on retrouve un théorème de Mandelbrojt ([5]), donnant une condition nécessaire et suffisante pour que toutes les fonctions d'une classe $\{A_n\}$ soient analytiques. Mais, tandis que ce théorème était aussi valable pour un intervalle *fermé*, le théorème fondamental ci-dessus cesse d'être exact, en général, pour un intervalle fermé.

Dans le cas particulier où la classe $\{A_n\}$ contient toutes les fonctions analytiques, la classe $\{A'_n\}$ étant quelconque, la condition (4) se réduit à celle donnée par H. Cartan dans sa Note déjà citée ([2]) [inégalité (2) de cette Note].

4. Le théorème fondamental résulte des deux propositions suivantes, qui sont nouvelles :

PROPOSITION 1 (Mandelbrojt). — *Sur tout intervalle ouvert (fini ou infini), les classes* $\{A_n\}$ *et* $\{A_n^0\}$ *sont identiques.*

Il suffit de prouver que toute fonction de la classe $\{A_n\}$ appartient à la classe $\{A_n^0\}$; or cela résulte de l'inégalité (4) de la Note citée de Cartan ([2]).

PROPOSITION 2 (Cartan). — *Sur un intervalle fini* (ouvert ou fermé), *la condition* (4) *est nécessaire pour que la classe* $\{A_n\}$ *soit contenue dans la classe* $\{A'_n\}$.

Pour le voir, on pose ($\lambda > 0$ quelconque)

$$S'_\lambda(r) = \max_{0\leq n\leq r} \frac{r^n}{\lambda^n A'_n}.$$

La condition (4) équivaut à l'existence d'un λ tel que l'on ait

$$S(r) \geq S'_\lambda(r) \qquad \text{pour tout} \quad r \geq 0.$$

La proposition 2 se démontre alors par l'absurde: si un tel λ n'existe pas,

---

([5]) *Séries de Fourier et Classes quasi analytiques*, Paris, 1935, p. 97.

on construit, à l'aide d'une série de polynomes de Tchebycheff, une fonction qui appartient à la classe $\{A_n\}$ et non à la classe $\{A'_n\}$. Pour cela, on imite le procédé déjà utilisé par Mandelbrojt dans des questions analogues ([6]).

La proposition suivante est un corollaire immédiat du théorème fondamental :

PROPOSITION 3. — *Pour que la dérivée de toute fonction appartenant à $\{A_n\}$ appartienne à la même classe sur un intervalle ouvert fini, il faut et il suffit que l'on ait*

$$\overline{\lim_{n\to\infty}}\left(\frac{A_n^0}{A_{n-1}}\right)^{\frac{1}{n}} < +\infty.$$

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Chocs triples imaginaires dans le problème plan des trois corps*. Note ([1]) de M. **David Belorizky**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. De nombreux auteurs ont étudié les chocs triples réels dans le problème des trois corps. On sait que le mouvement doit être plan et qu'au voisinage de tels chocs les intégrales dépendent de 5 constantes arbitraires au lieu de 8 de l'intégrale générale. Par conséquent, ces chocs dépendent de trois conditions; l'une d'elles est que la constante des aires soit nulle. Ainsi, dans les cas de la nature on n'a pas à craindre de tels chocs. Mais personne, à notre connaissance, n'a jamais considéré les chocs triples imaginaires qui peuvent avoir une grande importance parce qu'ils peuvent empêcher la convergence de séries représentant le mouvement réel. Dans ce qui suit nous étudions dans le problème plan ces chocs triples imaginaires, c'est-à-dire nous considérons le cas où les trois distances mutuelles des trois corps s'annulent, leurs projections sur les axes des coordonnées restant finies.

2. Soient les trois corps P_0 P_1 et P_2 dont les masses sont respectivement m_0, m_1, m_2. Rapportons le mouvement au corps P_0. Soient x_1, y_1, x_2, y_2 les coordonnées respectives de P_1 et P_2 par rapport aux axes, de direction fixe, liés au corps P_0. En introduisant des nouvelles variables $z = x_1 + iy_1$,

---

([6]) *Séries de Fourier et Classes quasi analytiques*, Paris, 1935, p. 94 et 98.

([1]) Séance du 13 février 1939.

$z' = x_1 - iy_1$; $w = x_2 + iy_2$, $w' = x_2 - iy_2$, les équations du mouvement s'écrivent

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{d^2z}{dt^2} = -\dfrac{m_0+m_1}{\sqrt{z}\sqrt{z'^3}} - \dfrac{m_2}{\sqrt{w}\sqrt{w'^3}} - \dfrac{m_2}{\sqrt{z-w}\sqrt{(z'-w')^3}}, \\ \dfrac{d^2w}{dt^2} = -\dfrac{m_1}{\sqrt{z}\sqrt{z'^3}} - \dfrac{m_0+m_2}{\sqrt{w}\sqrt{w'^3}} + \dfrac{m_1}{\sqrt{z-w}\sqrt{(z'-w')^3}}; \\ \dfrac{d^2z'}{dt^2} = -\dfrac{m_0+m_1}{\sqrt{z^3}\sqrt{z'}} - \dfrac{m_2}{\sqrt{w^3}\sqrt{w'}} - \dfrac{m_2}{\sqrt{(z-w)^3}\sqrt{z'-w'}}, \\ \dfrac{d^2w'}{dt^2} = -\dfrac{m_1}{\sqrt{z^3}\sqrt{z'}} - \dfrac{m_0+m_2}{\sqrt{w^3}\sqrt{w'}} + \dfrac{m_1}{\sqrt{(z-w)^3}\sqrt{z'-w'}}. \end{cases}$$

Soit, à l'instant $t = t_0$, $z = w = 0$, $z' = B$, $w' = B'(B \neq B')$, B et B' étant des constantes arbitraires différentes de zéro. Il est clair que dans ces conditions les trois distances s'annulent, les coordonnées ayant des valeurs finies.

En prenant une nouvelle variable indépendante $T = t^{\frac{1}{2}}$ et en posant

$$z = AT^2 + Aa_1T^3 + T^3Z; \qquad w = A'T^2 + A'a'_1T^3 + T^3W;$$
$$z' = B + Bb_0T + TZ'; \qquad w' = B' + B'b'_0T + TW',$$

nous ramenons le système (1) à un système de 8 équations différentielles de premier ordre de forme classique

$$\frac{T\,dX_i}{dT} = \Sigma\beta^i_\alpha X_\alpha + b_iT + \text{termes de 2}^e\text{ ordre} + \ldots \qquad \begin{pmatrix} i = 1, 2, \ldots, 8 \\ \alpha = 1, 2, \ldots, 8 \end{pmatrix},$$

et nous cherchons les solutions tendant vers 0 avec T.

Nous démontrons ainsi qu'au voisinage d'un choc imaginaire les variables z, w, z', w' sont développables suivant les puissances entières de $(t-t_0)^{\frac{1}{2}}$ et de $(t-t_0)^{\frac{1}{2}}\log(t-t_0)^{\frac{1}{2}}$, et ces développements dépendent de 7 constantes arbitraires, c'est-à-dire d'une constante de moins que l'intégrale générale. Ces développements sont convergents pour $t - t_0$ assez petit. Les premiers termes de ces développements sont (en faisant $t_0 = 0$),

$$z = At + Aa_1t^{\frac{3}{2}} + Aa_2t^2 + \ldots;$$
$$w = A't + \ldots\ldots\ldots;$$
$$z' = B + Bb_0t^{\frac{1}{2}} + Bb_1t + B\beta_1t\log t^{\frac{1}{2}} + Bb_2t^{\frac{3}{2}} + Bd_2t^{\frac{3}{2}}\log t^{\frac{1}{2}} + \ldots;$$
$$w' = B' + B'b'_0t^{\frac{1}{2}} + \ldots\ldots\ldots;$$

il en résulte que

$$x_1 = \frac{1}{2}\left[B + Bb_0 t^{\frac{1}{2}} + (Bb_1 + A)t + B\beta_1 t \log t^{\frac{1}{2}} + (Bb_2 + Aa_1)t^{\frac{3}{2}} + \ldots\right],$$

$$y_1 = \frac{i}{2}\left[B + Bb_0 t^{\frac{1}{2}} + (Bb_1 - A)t + B\beta_1 t \log t^{\frac{1}{2}} + (Bb_2 - Aa_1)t^{\frac{3}{2}} + \ldots\right],$$

. . . . ,

(A, A', B, B', b_1, b'_1, t_0 étant des constantes arbitraires).

Les distances mutuelles au voisinage du choc sont de l'ordre de $t^{\frac{1}{2}}$ et leurs rapports tendent vers les limites suivantes :

$$\lim (r_1 : r_2 : r_3)_{t=t_0} = A^{\frac{1}{2}}B^{\frac{1}{2}} : A'^{\frac{1}{2}}B'^{\frac{1}{2}} : (A - A')^{\frac{1}{2}}(B - B')^{\frac{1}{2}}.$$

La constante des aires est égale à

$$\frac{i}{2m_0}[ABm_1 m_0 + A'B'm_2 m_0 + (A - A')(B - B')m_1 m_2],$$

et n'est pas nulle en général.

A l'instant du choc les trois corps se trouvent sur la droite complexe $y = ix$.

Ainsi *le choc triple imaginaire est un point critique transcendant.*

3. Si $AB' = A'B$ les intégrales au voisinage du choc triple imaginaire sont développables suivant les puissances entières de $t^{\frac{1}{2}}$ et ne contiennent pas de logarithmes, mais elles dépendent de 6 constantes arbitraires. Ainsi, dans ces conditions, le choc triple imaginaire est un point critique algébrique. Remarquons que dans ce cas $\lim [r_{i_1} : (r_{i_2} + r_{i_3})]_{t=t_0} = 1$.

Remarquons enfin qu'on aura aussi un choc triple imaginaire pour $z' = w' = 0$, $z = B$, $w = B'$.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur un théorème relatif à l'écoulement isentropique des gaz parfaits.* Note (¹) de M. **Raymond Jamin**, présentée par M. Henri Villat.

On considère l'écoulement isentropique continu, par tranches homogènes, d'un gaz parfait non visqueux. On appelle R la constante spécifique de ce gaz (calculée pour l'unité de masse), γ le rapport des chaleurs spéci-

(1) Séance du 16 janvier 1939.

fiques, V la vitesse-limite, et n un nombre positif quelconque; puis, dans chaque tranche, u la vitesse, T la température absolue, d la densité, a la vitesse locale du son, α le coefficient de vitesse $(\alpha = u/a)$, et c la *vitesse relative* $(c = u/V)$; T_0 désigne la température de départ dans la section de vitesse nulle. Le théorème s'énonce ainsi :

Dans l'écoulement isentropique continu, par tranches homogènes, d'un gaz parfait non visqueux, les expressions de la forme $d \times u^n$ *passent par un maximum dans la tranche définie par* $\alpha = \sqrt{n}$.

La démonstration part de la formule connue

$$u^2 = \frac{2\gamma R}{\gamma - 1}(T_0 - T),$$

qui donne

$$V^2 = \frac{2\gamma R}{\gamma - 1} T_0.$$

Dans l'écoulement, la densité d est proportionnelle à $T^{\frac{1}{\gamma-1}}$; on est donc conduit à étudier les variations de l'expression

$$T^{\frac{1}{\gamma-1}} \times (T_0 - T)^{\frac{n}{2}}.$$

Cette grandeur, constamment positive, part de la valeur zéro $(T = T_0)$, et tend vers la valeur zéro $(T = 0)$; elle passe par un maximum pour T donné par

$$n = \frac{2}{\gamma - 1} \frac{T_0 - T}{T}.$$

Par ailleurs la formule connue $a^2 = \gamma RT$ nous donne

$$\alpha^2 = \frac{u^2}{a^2} = \frac{2}{\gamma - 1} \frac{T_0 - T}{T};$$

donc pour le maximum $\alpha^2 = n$.

Ce résultat suppose évidemment que l'écoulement continu, conforme à la théorie de Saint-Venant, est possible jusqu'à la vitesse qui correspond à $\alpha = \sqrt{n}$.

Il est plus commode de définir la vitesse par l'argument c, qui la compare à la vitesse limite V (constante déterminée par la donnée T_0), au lieu de l'argument α, qui la compare à la vitesse locale du son (variable d'une section à l'autre). On établit facilement entre eux la relation

$$c^2 = \frac{\alpha^2(\gamma - 1)}{\alpha^2(\gamma - 1) + 2}.$$

Pour $n=1$, on retrouve l'existence du maximum de débit (en masse) par unité de section $(d.u)$ réalisé quand la vitesse d'écoulement est égale à la vitesse locale du son. Ce résultat, ordinairement établi par d'autres voies, par exemple par le théorème d'Hugoniot, est un cas particulier du théorème que nous avons démontré.

Pour $n=2$, le produit $d.u^2$ est, au facteur 2 près, l'énergie cinétique par unité de volume. Le maximum a lieu pour $\alpha=\sqrt{2}$ et $c=\sqrt{(\gamma-1)/\gamma}$. Pour l'air, $\gamma=1,40$ et $c=0,534$. Si la température est de 15° dans la section de vitesse nulle, la vitesse limite est de $760^{m},70$ par seconde, et le maximum de $d.u^2$ est atteint pour $u=407$ mètres par seconde.

Pour $n=3$, le produit $d.u^3$ est le double de la puissance cinétique par unité de section. Le maximum est atteint pour $\alpha=\sqrt{3}$ et $c=\sqrt{(3\gamma-3)/(3\gamma-1)}=0,612$. Si, dans la section de vitesse nulle, on a une température de 15° et une pression de 760^{mm} de mercure, ce maximum est de 258 chevaux par décimètre carré, et il est atteint pour une vitesse de 465 mètres par seconde.

Enfin, pour $n=0$, on retrouve le maximum de d correspondant à $\alpha=0$, donc $u=0$.

ÉLECTRICITÉ APPLIQUÉE. — *Détermination du régime de fonctionnement d'un arc à courant alternatif.* Note de M. **Joseph Bethenod**, présentée par M. Charles Fabry.

Lorsqu'on considère un arc alimenté par un réseau électrique à courant alternatif, dont la pulsation est Ω et dont la tension u est supposée sinusoïdale, par l'intermédiaire d'une bobine de réactance dont l'inductance est L et la résistance R, le courant i est déterminé, à chaque instant, par l'égalité

$$u=\mathrm{R}i+\mathrm{L}\frac{di}{dt}+e, \tag{1}$$

en désignant par e la tension aux bornes de l'arc.

La résolution de l'équation (1) est généralement impossible, cette tension e étant une fonction très compliquée de t et de i. Cependant, tout au moins avec certaines électrodes et dans certaines conditions de fonctionnement, on peut admettre qu'elle est indépendante de l'intensité du courant, et qu'elle peut être représentée en fonction du temps par une courbe d'allure sensiblement rectangulaire, les pointes éventuelles à l'allumage et à

l'extinction de l'arc étant négligées. On peut alors écrire

$$(2)\qquad e = \mathrm{E}\left[\sin\Omega t + \frac{1}{3}\sin 3\Omega t + \ldots\right].$$

Dans ces conditions, le courant sera évidemment de la forme

$$(3)\qquad i = \mathrm{A}_1 \sin(\Omega t + \chi_1) + \mathrm{A}_3 \sin(3\Omega t + \chi_3) + \ldots,$$

les constantes A_1, A_3, ... étant à déterminer, ainsi que les angles χ_1, χ_3, etc.

En substituant les valeurs (2) et (3) dans (1), et en tenant compte de la loi sinusoïdale supposée pour u, on obtient

$$(4)\qquad \begin{aligned} \mathrm{U}\sin(\Omega t + \chi_1 + \varphi) = {} & \mathrm{RA}_1 \sin(\Omega t + \chi_1) + \mathrm{RA}_3 \sin(3\Omega t + \chi_3) + \ldots \\ & + \mathrm{L}\Omega\mathrm{A}_1 \cos(\Omega t + \chi_1) + 3\mathrm{L}\Omega\mathrm{A}_3 \cos(3\Omega t + \chi_3) \\ & + \mathrm{E}\sin\Omega t + \frac{\mathrm{E}}{3}\sin 3\Omega t + \ldots, \end{aligned}$$

l'angle φ étant tel que $(\mathrm{UA}_1 \cos\varphi)/2$ représente la puissance fournie par le réseau.

Enfin le passage simultané par zéro de l'onde de courant i et de l'onde de tension u donne la condition

$$(5)\qquad 0 = \mathrm{A}_1 \sin\chi_1 + \mathrm{A}_3 \sin\chi_3 + \ldots.$$

Les égalités (4) et (5) fournissent la solution du problème posé; en égalant dans (4) les termes de même pulsation, on obtient l'égalité

$$(6)\qquad \mathrm{U}\sin(\Omega t + \chi_1 + \varphi) = \mathrm{RA}_1 \sin(\Omega t + \chi_1) + \mathrm{L}\Omega\mathrm{A}_1 \cos(\Omega t + \chi_1) + \mathrm{E}\sin\Omega t,$$

et un système de la forme

$$(7)\qquad 0 = \mathrm{RA}_n \sin(n\Omega t + \chi_n) + n\mathrm{L}\Omega\mathrm{A}_n \cos(n\Omega t + \chi_n) + \frac{\mathrm{E}}{n}\sin n\Omega t,$$

n représentant la suite des nombres impairs comptés à partir de 3.

Ce système permet évidemment le calcul aisé des A_3, A_5, ..., A_n, et des χ_3, χ_5, ..., χ_n; quant à l'égalité (6), elle est susceptible d'une représentation géométrique très simple au moyen d'un triangle dont les côtés sont respectivement égaux à U, $\mathrm{A}_1\sqrt{\mathrm{R}^2 + \mathrm{L}^2\Omega^2}$, et E; ce triangle fixe les valeurs de A_1, χ_1 et φ, si l'on tient compte de la condition (5) qui détermine en fait la projection du vecteur A_1 sur le vecteur E, une fois le système (7) résolu.

Si l'on suppose par exemple que la résistance R est négligeable devant la réactance $\mathrm{L}\Omega$, le calcul devient tout particulièrement simple; on a alors,

en effet,

$$(8) \qquad A_n = \frac{E}{n^2 L\Omega}, \quad \chi_n = \frac{\pi}{2} \quad (n = 3, 5, \ldots),$$

d'où

$$(9) \qquad A_1 \sin\chi_1 = -\frac{E}{L\Omega}\left[\frac{1}{3.3} + \frac{1}{5.5} + \ldots\right] = -\frac{E}{L\Omega}\left[\frac{\pi^2}{8} - 1\right].$$

La projection du vecteur $L\Omega A_1$ sur E étant ainsi déterminée en grandeur et sens, on obtient de suite

$$(10) \qquad A_1 \cos\chi_1 = \frac{1}{L\Omega}\sqrt{U^2 - E^2\left(\frac{\pi^2}{8}\right)^2},$$

d'où, finalement,

$$(11) \qquad \tang\chi_1 = -\frac{E\left(\frac{\pi^2}{8} - 1\right)}{\sqrt{U^2 - E^2\left(\frac{\pi^2}{8}\right)^2}} \qquad \text{et} \qquad A_1 = \frac{1}{L\Omega}\sqrt{U^2 - E^2\left(\frac{\pi^2}{4} - 1\right)}.$$

Quant à l'angle φ, il est très aisément évalué sur l'épure formée par le triangle U, E, $L\Omega A_1$, soit par calcul trigonométrique, soit par mesure directe.

En pratique, U sera parfois suffisamment grand par rapport à E pour que l'angle χ_1 soit négligeable; on est ramené alors au cas que j'ai traité jadis à propos du four à arc ([1]), en tenant compte de ce que les amplitudes U et A_1 sont $\sqrt{2}$ fois plus grandes que les valeurs efficaces correspondantes, tandis que d'après l'hypothèse consentie pour e, la valeur efficace de cette tension est égale à $(\pi/4)E$.

Au sujet de ce qui précède, on peut faire les remarques suivantes :

1° Les équations (1) et (2) ont comme équivalent en mécanique celles qui définissent le mouvement d'une masse pourvue d'un rappel élastique, et soumise à l'action d'une force variant harmoniquement, l'amortissement du mouvement étant dû à un frottement dont la valeur absolue est indépendante de la vitesse.

Grâce à cette analogie, déjà signalée par André Blondel ([2]) et par moi-même ([3]), les calculs ci-dessus peuvent donner lieu à certaines applications à l'étude des oscillations mécaniques.

2° On peut représenter, en première approximation, par une courbe rectangulaire de la forme (2), la force électromotrice d'une dynamo-série

---

([1]) *Revue générale de l'Électricité*, **20**, 13 novembre 1926, p. 697.

([2]) *La Lumière Électrique*, **31**, 27 nov., 4 et 11 déc. 1915, p. 193, 217 et 241.

([3]) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 727.

très fortement saturée (en y ajoutant au besoin un terme proportionnel à l'intensité).

Une telle représentation permet de résoudre, avec une grande facilité, le problème de l'auto-entretien des oscillations de circuits électriques comportant une semblable génératrice.

ÉLECTRICITÉ. — *Propagation des oscillations en haute fréquence sur les réseaux de transport d'énergie électrique.* Note de M. **Fernand Carbenay**, présentée par M. Camille Gutton.

Les transmissions téléphoniques en haute fréquence, sur les lignes de transport d'énergie électrique, s'effectuent généralement en utilisant une phase et la terre. L'aménagement de la phase de liaison, à l'aide de circuits appropriés, est réalisé pour rendre les transmissions indépendantes des manœuvres d'exploitation effectuées sur le réseau; mais les autres phases de la ligne participent à la propagation. Il en résulte, pour une fréquence donnée, plusieurs ondes se propageant le long de la ligne [1] et une influence des manœuvres de réseau sur les transmissions.

Soient n lignes uniformes parallèles, u les tensions, i les courants :

$$-\frac{\partial u_1}{\partial x} = (R_1+\rho_1)i_1 + (L_1+l_1)\frac{\partial i_1}{\partial t} + \rho_{\frac{1}{2}} i_2 + M_{\frac{1}{2}}\frac{\partial i_2}{\partial t} + \ldots + \rho_{\frac{1}{n}} i_n + M_{\frac{1}{n}}\frac{\partial i_n}{\partial t},$$

$$-\frac{\partial u_2}{\partial x} = (R_2+\rho_2)i_2 + (L_2+l_2)\frac{\partial i_2}{\partial t} + \rho_{\frac{2}{1}} i_1 + M_{\frac{2}{1}}\frac{\partial i_1}{\partial t} + \ldots + \rho_{\frac{2}{n}} i_n + M_{\frac{2}{n}}\frac{\partial i_n}{\partial t},$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

$$-\frac{\partial u_n}{\partial x} = (R_n+\rho_n)i_n + (L_n+l_n)\frac{\partial i_n}{\partial t} + \rho_{\frac{n}{1}} i_1 + M_{\frac{n}{1}}\frac{\partial i_1}{\partial t} + \ldots + \rho_{\frac{n}{n-1}} i_n + M_{\frac{n}{n-1}}\frac{\partial i_{n-1}}{\partial t};$$

$$-\frac{\partial i_1}{\partial x} = G_1 u_1 + C_1\frac{\partial u_1}{\partial t} + g_{\frac{1}{2}}(u_1-u_2) + \gamma_{\frac{1}{2}}\frac{\partial}{\partial t}(u_1-u_2) + \ldots$$
$$+ g_{\frac{1}{n}}(u_1-u_n) + \gamma_{\frac{1}{n}}\frac{\partial}{\partial t}(u_1-u_n),$$

$$-\frac{\partial i_2}{\partial x} = G_2 u_2 + C_2\frac{\partial u_2}{\partial t} - g_{\frac{2}{1}}(u_1-u_2) - \gamma_{\frac{2}{1}}\frac{\partial}{\partial t}(u_1-u_2) + \ldots$$
$$+ g_{\frac{2}{n}}(u_2-u_n) + \gamma_{\frac{2}{n}}\frac{\partial}{\partial t}(u_2-u_n),$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

$$-\frac{\partial i_n}{\partial x} = G_n u_n + C_n\frac{\partial u_n}{\partial t} - g_{\frac{n}{1}}(u_1-u_n) - \gamma_{\frac{n}{1}}\frac{\partial}{\partial t}(u_1-u_n) + \ldots$$
$$+ g_{\frac{n}{n-1}}(u_n-u_{n-1}) + \gamma_{\frac{n}{n-1}}\frac{\partial}{\partial t}(u_n-u_{n-1}).$$

[1] J. Fallou, *Bulletin de la Société Française des Électriciens*, 2, 1932, p. 787.

La phase de liaison étant, en l'un de ses points, soumise à une force électromotrice sinusoïdale de fréquence $\omega/2\pi$, le régime permanent des tensions est défini, en introduisant les notations complexes, par

$$\frac{d^2 U_1}{dx^2} = A_1 U_1 + B_1 U_2 + \ldots + K_1 U_n;$$
$$\frac{d^2 U_2}{dx^2} = A_2 U_1 + B_2 U_2 + \ldots + K_2 U_n;$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots;$$
$$\frac{d^2 U_n}{dx^2} = A_n U_1 + B_n U_2 + \ldots + K_n U_n.$$

$$A_1 = a_1\alpha_1 + b_1\alpha_2 + \ldots + k_1\alpha_n; \qquad A_n = a_n\alpha_1 + b_n\alpha_2 + \ldots + k_n\alpha_n;$$
$$B_1 = a_1\beta_1 + b_1\beta_2 + \ldots + k_1\beta_n; \qquad B_n = a_n\beta_1 + b_n\beta_2 + \ldots + k_n\beta_n;$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots; \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots;$$
$$K_1 = a_1\chi_1 + b_1\chi_2 + \ldots + k_1\chi_n; \qquad K_n = a_n\chi_1 + b_n\chi_2 + \ldots + k_n\chi_n.$$

$$a_1 = R_1 + \rho_1 + j(L_1 + l_1)\omega, \qquad a_2 = \rho_{\frac{2}{1}} + jM_{\frac{2}{1}}\omega, \qquad a_n = \rho_{\frac{n}{1}} + jM_{\frac{n}{1}}\omega,$$
$$b_1 = \rho_{\frac{1}{2}} + jM_{\frac{1}{2}}\omega, \qquad b_2 = R_2 + \rho_2 + j(L_2 + l_2)\omega, \qquad b_n = \rho_{\frac{n}{2}} + jM_{\frac{n}{2}}\omega,$$
$$\ldots\ldots\ldots, \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots, \qquad \ldots\ldots\ldots,$$
$$k_1 = \rho_{\frac{1}{n}} + jM_{\frac{1}{n}}\omega. \qquad k_2 = \rho_{\frac{2}{n}} + jM_{\frac{2}{n}}\omega. \qquad k_n = R_n + \rho_n + j(L_n + l_n)\omega.$$

$$\alpha_1 = G_1 + g_{\frac{1}{2}} + g_{\frac{1}{3}} + \ldots + g_{\frac{1}{n}} + j\left(C_1 + \gamma_{\frac{1}{2}} + \gamma_{\frac{1}{3}} + \ldots + \gamma_{\frac{1}{n}}\right)\omega,$$
$$\beta_1 = -\left(g_{\frac{1}{2}} + j\gamma_{\frac{1}{2}}\omega\right),$$
$$\ldots\ldots\ldots,$$
$$\varkappa_1 = -\left(g_{\frac{1}{n}} + j\gamma_{\frac{1}{n}}\omega\right).$$

$$\alpha_2 = -\left(g_{\frac{2}{1}} + j\gamma_{\frac{2}{1}}\omega\right),$$
$$\beta_2 = G_2 + g_{\frac{2}{1}} + g_{\frac{2}{3}} + \ldots + g_{\frac{2}{n}} + j\left(C_2 + \gamma_{\frac{2}{1}} + \gamma_{\frac{2}{3}} + \ldots + \gamma_{\frac{2}{n}}\right)\omega,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots,$$
$$\varkappa_2 = -\left(g_{\frac{2}{n}} + j\gamma_{\frac{2}{n}}\omega\right).$$

$$\alpha_n = -\left(g_{\frac{n}{1}} + j\gamma_{\frac{n}{1}}\omega\right),$$
$$\beta_n = -\left(g_{\frac{n}{2}} + j\gamma_{\frac{n}{2}}\omega\right),$$
$$\ldots\ldots\ldots,$$
$$\varkappa_n = G_n + g_{\frac{n}{1}} + g_{\frac{n}{2}} + \ldots + g_{\frac{n}{n-1}} + j\left(C_n + \gamma_{\frac{n}{1}} + \gamma_{\frac{n}{2}} + \ldots + \gamma_{\frac{n}{n-1}}\right)\omega.$$

Si les n lignes couplées diffèrent entre elles soit par leurs constantes propres, soit par les conditions aux limites, la résolution des équations conduit à un système de n équations différentielles d'ordre $(2n)$ pour les tensions et pour les courants

$$\frac{d^{2n} U}{dx^{2n}} + \mu_{2(n-1)} \frac{d^{2(n-1)} U}{dx^{2(n-1)}} + \ldots + \mu_0 U = 0$$

caractérisant, en général, $2n$ ondes correspondant à n constantes de propagation.

Si, parmi les n lignes, p se comportent identiquement par leurs constantes (couplages compris) et par les conditions aux limites, l'ensemble de ces p.

lignes est assimilable à une ligne équivalente; les n équations peuvent être réduites à $n-(p-1)$ caractérisant, en général, $2(n-p+1)$ ondes correspondant à $n-p+1$ constantes de propagation.

Nous nous proposons d'appliquer ces considérations aux transmissions de haute fréquence sur une ligne de transport triphasée.

PHOTOCHIMIE. — *Action de la lumière visible et de l'ultraviolet sur les réactions périodiques.* Note de M. **Théodore Kofman**, présentée par M. Louis de Broglie.

Comme type d'une réaction périodique, nous utilisons une préparation d'anneaux de Liesegang, réalisée selon une technique décrite précédemment (1).

Nous nous servons de l'analyse microphotométrique recommandée par S. Veil (2) pour déceler les grandes oscillations périodiques correspondant aux anneaux principaux et la mesure de leur distance respective.

Méthode d'irradiation et résultats. — La source de lumière visible utilisée est une lampe de 50 watts placée à 50^{cm} de la préparation et munie d'un rhéostat régularisant une incandescence constante. Des écrans en verre colorés et soigneusement étalonnés, correspondant aux longueurs d'onde de 6500 Å, 5900 Å, 4800 Å, nous servent de filtres. Pour les rayons de plus courte longueur d'onde, nous employons une lampe Henri George à vapeur de Hg (2 amp. 85 volts aux bornes) et placée à $1^m,50$ de la préparation pour éviter toute action calorifique. Le temps d'irradiation varie de $1^h,30$ à 2 heures.

Dans tous les cas, dès que la goutte d'azotate d'argent a été déposée au centre de la préparation, celle-ci est divisée en deux parties, une moitié est exposée à l'action de la lumière colorée, et l'autre à la lumière d'un filtre incolore ou coloré différemment. De même pour les rayons ultraviolets une moitié est soumise au rayonnement total de la lampe, tandis que l'autre est protégée par un filtre incolore arrêtant les rayons au-dessous de 3900 Å. Nous avons donc, pour une même expérience et sur une même préparation, un témoin et un irradié.

En repérant des anneaux de même ordre et calculant l'intervalle de leur

(1) Kofman, *Journal de Chimie physique*, 29, n° 10, 1932, p. 586.
(2) S. Veil, *Journal de Physique*, 3e série, 7, 1932, p. 302.

distance à l'aide de l'enregistrement microphotométrique, voici les résultats moyens de quelques mesures :

N° d'ordre des anneaux.	Écran incolore.	Distance en centimètres entre les anneaux. Rouge (6500 Å).	Jaune (5900 Å).	Bleu (4800 Å).
1.....	0,035	0,034	0,033	0,031
2.....	0,041	0,040	0,038	0,036
3.....	0,048	0,046	0,044	0,040
4.....	0,055	0,052	0,049	0,043
5.....	0,062	0,059	0,054	0,049

Pour la lumière visible, on voit que, pour un même nombre d'anneaux, l'intervalle de deux anneaux subit un léger resserrement au fur et à mesure de la diminution de la longueur d'onde incidente.

N° d'ordre des anneaux.	Distance en centimètres entre les anneaux. Écran arrêtant U. V. à 3900 Å.	Ultraviolet total.
1..........	0,029	0,019
2..........	0,032	0,024
3..........	0,037	0,028
4..........	0,044	0,031
5..........	0,050	0,036

Pour l'ultraviolet on voit qu'au-dessous de 3900 Å le resserrement de l'intervalle des anneaux est très marqué, beaucoup plus qu'avec la lumière visible.

Conclusions. — La lumière visible et surtout l'ultraviolet agissent sur le rythme de la réaction périodique du type de Liesegang. Cette action se manifeste par une diminution de la distance entre deux anneaux qui est d'autant plus marquée que la longueur d'onde de la radiation incidente est plus courte.

RADIOACTIVITÉ. — *Émission de radiations ionisantes par les sels des métaux ordinaires*. Note de MM. **Georges Reboul** et **Émile Thibaud**, transmise par M. Aimé Cotton.

Il a été indiqué [1] que tout se passe comme si les métaux ordinaires (Sn, Pb, Ni, Cu, Fe, Zn) émettaient spontanément des radiations

(1) G. Reboul et J.-A. Reboul, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 789.

ionisantes que leur coefficient d'absorption par l'air situe dans la région des rayons X mous; nous avons recherché si cette propriété n'appartenait pas également aux sels de ces métaux.

Le principe de la méthode consiste à déterminer les courants d'ionisation produits par une couche plane de sel métallique à des distances variables de cette couche; le calcul des coefficients d'absorption par l'air, ou tout autre gaz, s'en déduit aisément; l'appareil utilisé est celui qui a servi pour l'étude des métaux [2].

L'expérience montre tout d'abord qu'il n'y a pas *additivité* : l'intensité des courants d'ionisation n'est pas proportionnelle au nombre des atomes métalliques mis en expérience. Ce résultat n'a rien de surprenant : on conçoit en effet qu'avec des radiations absorbables comme celles qui sont émises, les effets produits par deux atomes placés à des profondeurs différentes dans la couche de sel ne puissent s'ajouter.

En revanche les résultats obtenus font voir que les coefficients d'absorption par l'air, et sans doute aussi les longueurs d'onde des radiations émises, sont les mêmes pour les sels d'un métal déterminé que ceux que l'on a trouvés pour ce métal.

Voici, pour quelques-uns des métaux précédemment étudiés et certains de leurs composés, les coefficients d'absorption que l'on a trouvés dans l'air; ces coefficients, obtenus en faisant la moyenne de plusieurs séries d'expériences, correspondent à une couche d'air ionisée de 2^{cm} d'épaisseur.

Métal	Sn.	Pb.	Ni.	Cu.	Fe.	Zn.
Coefficient (cm^{-1})	0,47	0,30	0,16	0,13	0,11	0,09

Composés	Oxyde. Sulfure.	Oxyde. Acétate.	Oxyde.	Ox. cuivreux et cuivrique.	Oxyde ferrique.	Oxyde. Carbonate. Sulfate.
Coefficient (cm^{-1})	0,47	0,30	0,16	0,14	0,12	0,10 et 0,11
Longueur d'onde (Å)	5,5	4,6	3,8	3,5	3,3	3,1

Notre méthode de détermination des coefficients d'absorption n'est malheureusement applicable qu'aux métaux que l'on peut avoir en lames d'assez grande surface, ou aux composés que l'on peut se procurer en quantité assez abondante et sous une forme suffisamment stable pour qu'ils puissent se prêter à des opérations durant souvent plusieurs jours. Malgré ces restrictions on a pu opérer avec d'autres métaux et quelques-uns de leurs composés; les résultats obtenus semblent bien indiquer qu'il s'agit là d'un phénomène général d'origine atomique.

---

[2] J.-A. Reboul, *Thèse*, Paris, Octobre 1938.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la rupture des noyaux radioactifs par les neutrons.* Note de M. **Jacques Solomon**, transmise par M. Paul Langevin.

Les expériences récentes [1] ont montré que les neutrons sont capables de provoquer la rupture du noyau d'uranium ou de thorium en deux fragments de masse comparable : par exemple pour l'uranium en deux noyaux de nombres de masse 141 et 98, réaction très fortement *exoénergétique*.

L'analogie d'un grand nombre de propriétés nucléaires avec celles d'une gouttelette liquide pourrait faire penser que l'addition d'énergie peut rendre les vibrations de cette gouttelette suffisamment violentes pour en assurer la rupture. Or le calcul montre que pour une énergie d'excitation de 50 millions d'électron-volts, déjà fort élevée, l'amplitude des vibrations superficielles ne dépasse pas 7 pour 100 du rayon nucléaire de l'uranium.

Au reste, il semble difficile de concilier les valeurs de l'énergie de surface des noyaux, telles qu'on les obtient à partir de la courbe des défauts de masse avec la distance moyenne des niveaux d'énergie que nous fournit l'expérience. De plus, si le noyau était pleinement assimilable à une gouttelette liquide, il s'agirait d'un liquide non visqueux, alors qu'il est clair que le couplage étroit qui existe entre les mouvements des particules nucléaires individuelles devrait au contraire se traduire par une forte viscosité. Tout cela nous montre les limitations qu'il convient d'apporter à l'emploi du modèle de la gouttelette liquide.

Il semble préférable pour notre objet d'avoir recours à un autre modèle nucléaire [2] : celui qui consiste à représenter le noyau comme la superposition de toutes ses *partitions*. Par exemple, une particule α peut être représentée comme somme de deux deutons, ou d'un deuton et d'un proton, ou encore d'un noyau d'hélium de masse 3 et d'un proton. La fonction d'onde du noyau est la somme de termes correspondant à chacune de ces configurations. Chaque terme est, tout au moins en première approximation, le produit d'une fonction des distances des centres de gravité des divers constituants et d'une fonction *interne*, décrivant la configuration intérieure à chaque constituant. L'importance relative de la première fonction marque la proportion de temps pendant lequel on peut considérer que le

---

(1) F. Joliot, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 341; I. Curie et P. Savitch, *ibid.*, p. 343; L. Meitner et O. R. Frisch, *Nature*, **143**, 1939, p. 239.

(2) J. A. Wheeler, *Phys. Rev.*, 52, 1937, p. 1083 et 1107.

noyau *séjourne* dans la configuration correspondante. En somme le noyau est ainsi remplacé par une somme d'oscillateurs harmoniques correspondant aux diverses partitions de ce noyau.

Ceci posé, dans le premier stade de la théorie des chocs nucléaires, on admettait que la particule incidente communique son énergie à *une* particule nucléaire. Puis, dans le second stade, on a admis que cette énergie est communiquée à *toutes* les particules nucléaires. Il semble maintenant ([3]), surtout pour les noyaux lourds, qu'on puisse admettre un processus intermédiaire, l'énergie étant localisée, au moins pendant un certain temps, dans une partie seulement du noyau. Naturellement la possibilité d'admettre de tels processus dépend de la vitesse de la particule incidente; si la longueur d'onde de celle-ci est trop grande vis-à-vis des dimensions nucléaires, il ne paraît pas possible qu'ils aient lieu de façon sensible.

Supposons alors que, pendant une fraction du temps, le noyau en question puisse être considéré comme formé de deux constituants A et B. Soit ρ la distance de leurs centres de gravité. Le neutron incident viendra former avec A ou B un constituant nouveau A′ ou B′. Les noyaux résultant A′B et AB′ sont en général différents et le mouvement d'oscillation relatif des deux constituants en sera naturellement modifié. Cela signifie que les courbes donnant l'énergie du noyau résultant en fonction de la distance ρ seront en général différentes pour A′B et AB′. Ces courbes seront encore différentes suivant le degré d'excitation du constituant A′ ou B′. Dans des conditions favorables, un phénomène analogue à celui de la *prédissociation*, découverte par V. Henri pour les molécules, peut donc intervenir. Ce serait à lui que dans cette interprétation se rapporteraient les phénomènes de rupture découverts récemment.

Si ces conditions favorables (courbes se coupant, niveaux d'énergie à hauteur de l'intersection) sont satisfaites, le *temps de prédissociation* est à peu près

$$t = \frac{3\rho^3\varepsilon}{j^2} A^{\frac{3}{2}} . 10^{-23} \text{sec.},$$

où ρ est la distance moyenne des deux constituants (exprimée en unités e^2/mc^2), ε est l'énergie libérée dans la dissociation (en unité mc^2), A le nombre de masse, j le moment angulaire du noyau : ce temps est sensiblement plus court que celui relatif à l'émission d'un photon γ ou

([3]) H. A. Bethe, *Phys. Rev.*, 53, 1938, p. 675; L. Goldstein, *J. Phys.*, 10, 1939, p. 23.

d'un neutron. Il faudrait toutefois prouver que t est inférieur au temps pendant lequel *l'échauffement local*, causé par le choc du neutron se propage à l'ensemble du noyau, mais les calculs correspondants utilisent un modèle continu. Il faudrait tenir compte du couplage entre les divers modes de vibration qui, comme l'a montré Bohr, joue un rôle essentiel dans l'explication des photodésintégrations.

Si l'on admet que la rupture des noyaux radioactifs par les neutrons est analogue à la prédissociation, il reste à expliquer les ruptures constatées expérimentalement; le nombre des partitions est très considérable, mais on peut en éliminer un très grand nombre. Il semble toutefois probable que plusieurs types de rupture peuvent se présenter.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'intensité des neutrons dans la radiation cosmique*. Note (¹) de MM. **Hans von Halban** jun., **Lew Kowarski** et **Michel Magat**, présentée par M. Jean Perrin.

Depuis la découverte des neutrons, la question de leur présence dans la radiation cosmique a été posée à plusieurs reprises. Une série de travaux (²) a mis en évidence l'existence d'effets dus à la radiation cosmique et sensibles à la présence de la paraffine; citons, en particulier, la désintégration du bore avec production de particules chargées.

Nous avons réalisé quelques expériences qui, d'une part, confirment la présence des neutrons dans la radiation cosmique et, d'autre part, permettent d'évaluer leur intensité.

Pour déterminer l'intensité d'un flux de neutrons dont l'énergie est inconnue, seule la méthode développée par Amaldi et Fermi (³) peut être utilisée : on ralentit tous les neutrons dans une substance hydrogénée et l'on détermine l'intégrale de la densité des neutrons thermiques; on obtient ainsi le nombre de neutrons incidents par unité de temps. Pour obtenir une grande sensibilité dans la détection des neutrons il faut utiliser une solution hydrogénée d'un élément qui présente une grande section efficace pour la

---

(¹) Séance du 13 février 1939.

(²) Fünfer, *Naturwiss.*, 25, 1937, p. 235; *Zeits. f. Phys.*, 111, 1938, p. 351; Schopper, *Naturwiss.*, 25, 1937, p. 557; Rumbaugh et Locher, *Phys. Rev.*, 49, 1936, p. 855; Clay, *Congrès du Palais de la Découverte*, Paris, 1937; Schein et Wilson, *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 304; Froman et Stearns, *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 969.

(³) *Phys. Rev.*, 50, 1936, p. 899.

capture des neutrons thermiques. Les noyaux radioactifs formés dans la solution peuvent être concentrés, dans certaines conditions, d'après la méthode de Szilard et Chalmers [4] qui offre l'avantage d'une intégration automatique de la densité des neutrons thermiques. De plus, grâce à cette méthode, la nature de la radiation peut être mise en évidence d'une manière incontestable, puisque le radioélément formé peut être identifié par sa période et par ses propriétés chimiques.

Nous avons mis en évidence à Paris la formation du radioélément ${}^{80}_{35}Br$ (4,5 heures) dans le bromure d'éthyle en absence de toute source de neutrons. La quantité formée indique que la radiation cosmique produit des neutrons thermiques dans des substances hydrogénées à raison de 2 neutrons thermiques par minute et par centimètre carré dans une couche équivalente (en nombre d'atomes H) à 6^{cm} d'eau. D'autre part l'absorption dans l'eau de la radiation primaire qui forme ces neutrons thermiques est très faible (s'il s'agit de neutrons rapides leur énergie doit ainsi être supérieure à 10^6 eV). Nous pouvons dire que la production totale (c'est-à-dire la production dans une épaisseur d'eau suffisante) de neutrons thermiques au niveau de Paris doit être supérieure à 10 neutrons par centimètre carré et par minute.

En vue d'obtenir des renseignements sur la variation de la radiation neutronique avec l'altitude, nous avons fait des essais avec du bromure d'éthyle ayant séjourné pendant une heure à une altitude de 9500 mètres, à bord d'un avion.

On observe une forte augmentation de l'intensité, ce qui prouve que la radiation ne peut pas être d'origine terrestre. Dans ce cas la formation de neutrons thermiques est de 100 par centimètre carré et par minute dans une couche de 6^{cm} en équivalent d'eau. Puisque l'absorption de la radiation primaire est ici aussi très faible, le nombre total de neutrons formés doit être supérieur à 1000 par centimètre carré et par minute.

Les nombres indiqués pour le niveau de Paris et pour l'altitude de 9500^m doivent être considérés comme des limites inférieures. Puisque la radiation primaire n'a certainement pas le même pouvoir pénétrant dans l'eau aux deux altitudes considérées, son intensité réelle ne varie pas, avec l'altitude, nécessairement dans le même rapport que sa limite inférieure.

Le rôle de l'hydrogène dans le ralentissement des neutrons incidents n'a

---

(4) *Nature*, 134, 1934, p. 462; BAKKER, *Physica*, 4, 1937, p. 344.

pas pu encore être soumis à une étude quantitative : à Paris, à cause de la faible intensité du phénomène mesuré et, à haute altitude, à cause de l'exiguïté de la place mise à notre disposition

Le nombre des neutrons trouvé ainsi est sensiblement supérieur au nombre d'électrons présents dans la radiation cosmique. Il faut donc s'attendre soit à une composante très importante de neutrons primaires, soit à un mécanisme de production de neutrons par cascades ou par explosions atomiques.

Signalons que, dans le cas du brome, le radioélément de 4,5 heures peut être produit non seulement par la réaction n, γ, mais aussi par les réactions γ, n ou n, $2n$. Ces possibilités paraissent être exclues dans nos conditions à cause de leurs sections efficaces beaucoup trop petites. L'attribution de l'activité produite aux neutrons est donc très plausible, à moins d'admettre que cette activité est due à un type jusqu'ici inconnu de réaction nucléaire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Absorption des oximes à l'état solide dans l'ultraviolet.* Note (1) de Mme **Thérèse Guilmart**, présentée par M. Jean Perrin.

L'étude spectrale des oximes en solution a mis en évidence une différence notable d'absorption entre les oximes des monoalcoylphénones (I) et les oximes des trialcoylacétophénones (II) (2) et (3). Les unes sont *absorbantes* et leur structure s'accorde avec la formule classique (III); les autres sont *transparentes* et leur spectre correspond à celui d'un composé pour lequel les atomes du groupement fonctionnel sont saturés comme dans la forme isooxime (IV). On a montré (4) (étude de la bande NH dans l'infrarouge) que la proportion d'isooxime pour ces corps est faible; ce n'est donc pas cette structure qui peut être cause de la différence d'absorption : il faut donc admettre une isomérie spéciale, due à une modification dans la valeur des angles valentiels (5), ce qui entraînerait une disparition du *couplage* entre le noyau aromatique et le groupement fonctionnel. Il était

(1) Séance du 13 février 1939.

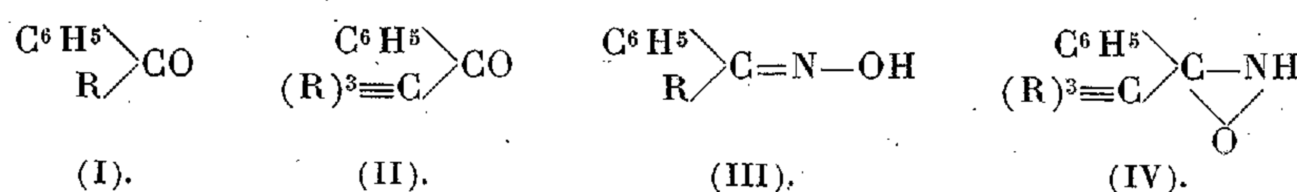
(2) Mme P. Ramart et Mme M. Grumez, *Bull. Soc. Chim.*, 53, 1933, p. 14.

(3) Mme P. Ramart et Mme Bruzeau, *Bull. Soc. Chim.*, 53, 1933, p. 135.

(4) R. Freymann et Mme M. Freymann, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 850.

(5) Mme P. Ramart et J. Hoch, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 848.

donc intéressant d'*étudier les spectres de ces oximes à l'état solide*, ce qui écarte l'influence du solvant et la possibilité d'équilibre entre formes isomères. Nous avons examiné les spectres d'absorption des diverses oximes à l'état de poudre, par la méthode de réflexion précédemment décrite ([6]).



Les courbes 1 et 2 (*fig.* 1) nous indiquent que les oximes des monoalcoyl-

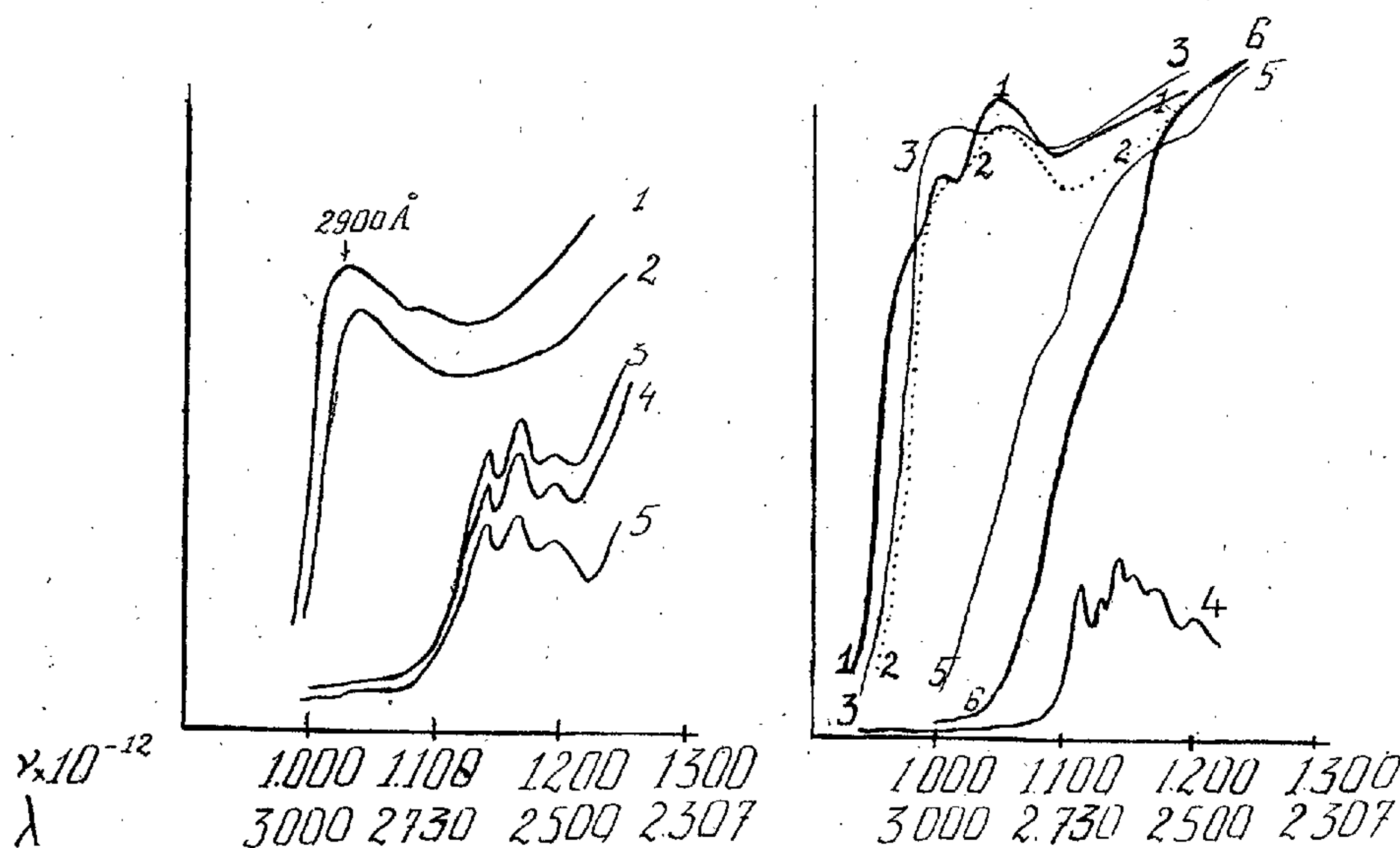


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Oximes des : 1, propylacétophénone; 2, éthylacétophénone; 3, triméthylacétophénone; 4, diméthyléthylacétophénone; 5, diméthyloctylacétophénone.

Fig. 2. — Oximes des : 1, indanone; 2, α-α-diméthylindanone; 3, tétralone; 4, α-α-diméthyltétralone; 5, benzosubérone; 6, α-α-diméthylbenzosubérone.

Bandes fines des trialcoylacétophénones : 2635, 2570, 2510 Å. Bandes fines de l'oxime de l'α-α-diméthyltétralone : 2688,5; 2652,5; 2622,5; 2610; 2580; 2490 Å.

phénones sont, vers les grandes longueurs d'onde, beaucoup plus absorbantes que les oximes des trialcoylacétophénones.

Il est à noter que toutes les oximes des monoalcoylphénones ont la même absorption, quel que soit l'alcoyl substitué ; il en est de même pour les oximes destrialcoylacétophénones : les petites différences d'intensité entre

---

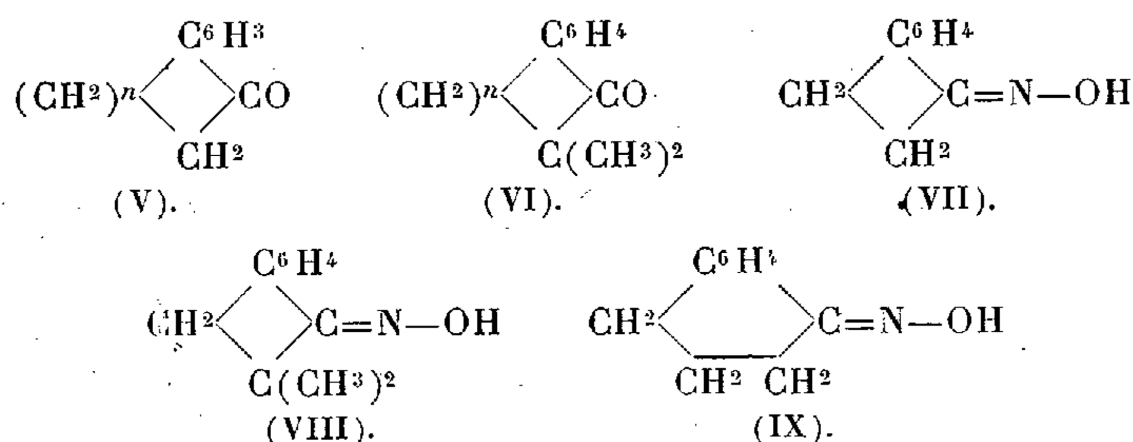
([6]) Mme T. Guilmart, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 1209.

les courbes 1 et 2 ou 3, 4, 5, sont de l'ordre de grandeur des erreurs expérimentales.

Nous avons examiné également les oximes des benzocyclanones (V), où $n = 1$, 2 ou 3 et les oximes des α-α-diméthylbenzocyclanones (VI) (*fig.* 2).

Nous avons constaté, pour les oximes de la série à chaîne ouverte, une influence des alcoyls en position α par rapport à la fonction oxime sur le couplage des chromophores de la molécule (déformation des angles valentiels). Pour la série d'oximes des benzocyclanones, cette influence ne s'exerce pas dans tous les cas : il semblerait qu'elle dépende du nombre d'atomes de carbone qui forment le noyau cyclanique. Ainsi, les oximes de l'indanone et de l'α-α-diméthylindanone qui ne présentent presque pas de différence d'absorption seront représentées par les formules classiques (VII) et (VIII).

Quand le cycle augmente d'un atome de carbone, cette influence s'exerce comme dans la série à chaîne ouverte : l'oxime de la tétralone aurait la structure suivante (IX). L'oxime de l'α-α-diméthyltétralone serait son isomère, mais avec des angles valentiels déformés. Lorsque le cycle augmente encore d'un atome de carbone, cette influence s'atténue.



En résumé, les mesures d'absorption des oximes à l'état solide confirment les résultats obtenus concernant l'analyse spectrale de leurs solutions. Ces corps existent sous deux formes ayant des spectres très différents. Pour l'une de ces formes, le couplage entre le noyau aromatique et la fonction est très important, pour l'autre forme ce couplage est nul. Le comportement chimique de ces substances et l'étude spectrale de leurs dérivés ont conduit à penser que l'isomérie de ces deux formes serait due à une différence dans la valeur des angles des valences issues des atomes formant le groupe fonctionnel.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les principes de la cryoscopie et la construction d'un appareil cryoscopique.* Note de M. **Yves Doucet**, présentée par M. Charles Mauguin.

Pour accroître la précision des mesures cryoscopiques, il est nécessaire d'abandonner la méthode de surfusion de Raoult, d'améliorer la mesure des températures et celle des concentrations.

Nous rappellerons en quelques mots les inconvénients de la surfusion. 1° On ne sait pas toujours si elle a cessé; 2° la formation du solide aux dépens du liquide change la concentration d'une quantité inconnue, variable avec le degré de surfusion; 3° on n'observe pas un palier de température mais un maximum; 4° malgré les corrections théoriques (Raoult, Nernst) la température calculée n'est peut-être pas celle cherchée, car la température commune à des microcristaux en petite quantité dans une phase liquide abondante n'est certainement pas celle d'équilibre thermodynamique du solide en présence du liquide.

Ces inconvénients sont connus depuis longtemps. Dès 1895 Ponsot [1] ajoutait une grande quantité de glace à la solution; la température d'équilibre entre les deux phases est bien alors la température de congélation de la solution. Avec un appareil adiabatique, on observe un palier de température. L'agitation est indispensable; elle doit correspondre à un apport de chaleur aussi petit que possible.

La mesure de la température se fera à l'aide d'un couple thermoélectrique qui donnera directement la différence des températures d'équilibre de la glace en contact, d'une part avec l'eau pure, d'autre part avec la solution. Il sera nécessaire ensuite de mesurer, sur une prise de la solution, la concentration de celle-ci. Ces diverses conditions ont été réalisées dans l'appareillage suivant.

1° *Appareil de congélation.* — La condition d'adiabatisme est obtenue en utilisant un vase Dewar argenté, complètement enfermé dans un récipient métallique, entouré de toutes parts par une grande épaisseur de glace. L'agitation et les prélèvements se font par l'intermédiaire de tubes soudés au couvercle. Le vase Dewar est cloisonné par une lame d'ébonite que les éléments du couple traversent de part en part. Les deux compartiments renferment, avec de la glace, respectivement l'eau et la solution.

---

(1) *Comptes rendus*, **118**, 1895, p. 977.

2° *Agitation.* — L'agitateur rotatif, formé par un tube de verre coudé, puise l'eau au fond du récipient et arrose la glace. Les deux agitateurs sont identiques et tournent à la même allure. La vitesse optimum du moteur est maintenue constante.

3° *Pile thermoélectrique.* — Elle se compose d'une centaine d'éléments en fil de 15/10e d'alliages BTE-CTE des aciéries d'Imphy; les fils traversent l'ébonite, les soudures sont alternativement de part et d'autre. Ce dispositif présente, sur les couples habituels en U, les avantages suivants : *a.* faible résistance (2 ohms); *b.* zéro atteint rapidement (une demi-heure au lieu de trois ou quatre heures) et, ensuite, inertie de quelques secondes; *c.* prise de la température moyenne de tout le liquide au lieu de la température en un point déterminé, d'où amélioration très nette des paliers. D'autre part l'usage de ces alliages spéciaux assure à la fois la précision, la constance des indications et une grande valeur de la f.e.m. (4700 microvolts/degré). L'étalonnage a été fait par un essai cryoscopique de KCl, pour lequel J. Lange [2] a donné des valeurs très précises.

4° *Potentiomètre.* — Le montage utilisé est celui de Hausrath [3]; on opère à intensité variable et résistance constante, déterminée avec précision.

5° *Galvanomètre.* — C'est un modèle à résistance moyenne (40 ohms) muni d'un shunt magnétique. Sa sensibilité maximum est de 2.10^{-9} amp/mm à 1^{m}.

6° *Appareil enregistreur.* — C'est la *simple drum camera* de la Cambridge Cie, légèrement modifiée. Le spot trace sur le papier photographique le palier de congélation. Il est possible, alors, de placer une droite moyenne à 1/4 de millimètre près, soit une sensibilité de 0,08 microvolt.

7° *Interféromètre.* — Les mesures de concentration sont faites sur des prélèvements de 30^{cm^3} environ à l'interféromètre à eau de Zeiss. On a trouvé avantage à opérer avec un verre rouge permettant de voir 15 à 17 franges, ce qui rejette les discontinuités de la courbe d'étalonnage en dehors de la zone de mesure et permet, néanmoins, la détermination facile de l'interfrange centrale.

La différence de température mesurée Θ est liée à la f.e.m. du couple par la relation $\Theta = \mathrm{K}e$, d'où

$$d\Theta = \mathrm{K}\,de + e\,d\mathrm{K}.$$

---

(2) *Zeits. phys. Chem.*, A, **168**, 1934, p. 147.
(3) *Ann. Phys.*, 9, 1902, p. 522.

La discussion des erreurs montre que $K\,de = 64.10^{-6}$ degré, le terme $e\,dK$ est légèrement supérieur, mais nous montrerons ailleurs que sa valeur altère peu le tracé des courbes. L'erreur sur la concentration est pour notre appareillage $dm = 3.10^{-5}$ mol/l.

Dans ces conditions, on mesure des quotients cryoscopiques Θ/m avec une erreur relative inférieure à 0,001 lorsque Θ est de l'ordre de 0°,1 et à 0,05 lorsque Θ n'est plus que de quelques millièmes de degré.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Microdosage des ions halogénés. Test d'acido-alcalose.* Note de MM. **Clément Duval** et **Gabriel Mazars**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons décrit [1] une méthode de recherche et de distinction des ions halogénés. L'un des essais consiste à faire réagir la solution étudiée sur le ferrocyanure d'argent en présence de sulfate ferreux. Le manque d'homogénéité du papier réactif nous empêchait cependant d'utiliser la méthode pour un dosage colorimétrique.

En vue d'une détermination quantitative, nous avons alors fait usage de plaques photographiques au lactate d'argent (plaques pour diapositifs) que nous avons traitées sans précautions spéciales, à la lumière, par une solution aqueuse de ferrocyanure de potassium à 10 pour 100. Après lavage soigné avec l'azotate d'argent à 1 pour 100 puis avec l'eau distillée, les plaques fournissent une émulsion au ferrocyanure d'argent bien homogène restant parfaitement incolore après l'immersion pendant une dizaine de secondes dans la solution de sulfate ferreux à 10 pour 100. La plaque séchée peut être divisée avec un diamant en bandes de 1^{cm} de large et 10^{cm} de long qui sont conservées en vase clos, à l'abri de la lumière.

Pour effectuer une analyse quantitative, nous préparons une sorte de plaquette à touche de la façon suivante : L'une des bandes reçoit du côté gélatine, l'empreinte d'un emporte-pièce de 6^{mm} de diamètre, de façon à délimiter des surfaces circulaires égales, alignées, au nombre de 11; avec une pointe de canif, nous soulevons d'un seul coup la gélatine extérieure aux cercles. Le premier de ces cercles est séparé avec un diamant; il reçoit la goutte à analyser; les dix autres restent solidaires et sont additionnés séparément d'une goutte de solutions étalonnées d'halogénures. La compa-

---

(1) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 862.

raison de la teinte de l'essai avec l'un des témoins permet d'apprécier, après lavage avec l'eau distillée, au bout de deux minutes, des quantités d'ions halogénés évaluées en chlore, comprises entre $0^{\gamma},3$ et 15^{γ}, avec une précision atteignant 3 pour 100 à ces faibles teneurs.

Nous avons alors adapté cette méthode à la détermination rapide du rapport chloré érythro-plasmatique. Une goutte de sang est prélevée à la pulpe du doigt et séparée par l'hématocrite en plasma et globules. Avec une pipette mélangeur de Potain, nous prélevons des globules jusqu'au trait 1 et remplissons d'eau distillée jusqu'au trait 101. Avec une autre pipette aussi identique que possible, nous recueillons du plasma dans la moitié seulement du capillaire de façon à disposer d'une quantité exactement moitié moindre de plasma que de globules; puis, nous complétons encore avec l'eau distillée jusqu'au trait 101. D'ailleurs, dans deux tubes de verre bien transparents et identiques, par exemple ceux d'une centrifugeuse, nous déposons une grosse goutte de suspension aqueuse de ferrocyanure d'argent, une goutte de sulfate ferreux à 10 pour 100 et 1^{cm^3} d'eau distillée. Dans chacun d'eux et simultanément, nous ajoutons le contenu des deux mélangeurs de Potain. Au bout de deux minutes, la teinte bleue apparue est comparée en examinant les tubes, en bout, sur fond blanc. Les teintes sont identiques pour un rapport érythro-plasmatique normal, c'est-à-dire égal à 0,50; sinon, il y a prédominance dans le tube à globules en cas d'acidose ou dans le tube à plasma en cas d'alcalose. Une variation de 5 pour 100 est aisément appréciée.

Nous pouvons connaître séparément les teneurs en chlore du plasma et des globules, en utilisant des solutions étalonnées de chlorure de sodium prélevées en égal volume.

Nous avons donc, dans l'emploi de suspensions aqueuses de ferrocyanure d'argent faciles à préparer et à conserver, une méthode de dosage colorimétrique des ions halogénés susceptible d'applications.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réaction avec le chlore de quelques dérivés du radical phosphonitrile.* Note de M. **Georges Wétroff**, présentée par M. Marcel Delépine.

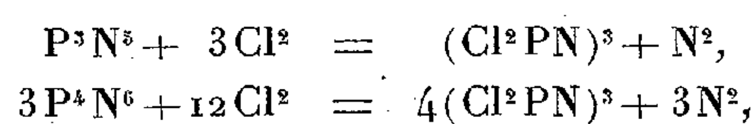
La synthèse à partir de ses éléments du paranitrure de phosphore $(PN)^{n}$ m'a permis de prouver récemment [1] l'existence à température élevée de

[1] H. Moureu et G. Wétroff, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 915.

la molécule monomère PN. D'autre part [2], j'ai pu mettre en évidence la stabilité chimique de ce groupement en préparant du chlorure de phosphonitrile $(Cl^2PN)^n$ par action directe du chlore sur le paranitrure $(PN)^n$. Cette dernière réaction au cours de laquelle on aurait pu s'attendre plutôt à la formation du pentachlorure de phosphore PCl^5, et qui, au contraire, donne presque uniquement du chlorure de phosphonitrile, conduit à admettre que le groupement PN peut se comporter dans certaines conditions comme un véritable radical libre bivalent, analogue au groupe CO. J'ai cherché la vérification de cette conception dans l'étude de l'action du chlore sur les composés contenant à l'état combiné le groupe PN.

Les nitrures de phosphore P^3N^5 et P^4N^6 ne sont pas attaqués par le chlore au-dessous de 700°, mais au delà de cette température ils brûlent lentement tous les deux en donnant naissance à un sublimé blanc qui se dépose sur les parties froides de l'appareil. Il n'y a pas rupture de toutes les liaisons P-N et le sublimé obtenu est un mélange des chlorures de phosphonitrile parmi lesquels prédomine le trimère $(Cl^2PN)^3$ avec, comme impureté seulement, une faible quantité de PCl^5 facile à éliminer.

Le chlore agit donc bien suivant les réactions principales



$$P^3N^5 + 3Cl^2 = (Cl^2PN)^3 + N^2,$$
$$3P^4N^6 + 12Cl^2 = 4(Cl^2PN)^3 + 3N^2,$$

qui prouvent que le pentanitrure de phosphore P^3N^5 et le pernitrure P^4N^6, auxquels il sera commode de conserver leurs noms usuels, doivent être considérés respectivement comme le nitrure normal et un sous-nitrure du radical phosphonitrile PN.

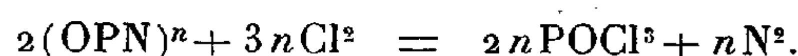
Si maintenant on soumet à l'action du chlore, dans les mêmes conditions que les nitrures P^3N^5 et P^4N^6, l'oxyde de phosphonitrile $(OPN)^n$, il est impossible de prévoir *a priori* à quel endroit de la molécule se fera la coupure car, comme je l'ai montré précédemment [3], l'atome d'oxygène est très fortement lié à l'atome de phosphore. Dans la molécule OPN existe, en effet, une double liaison $O{=}P$ (le groupement OP est connu par ailleurs à l'état de radical libre) et une triple liaison $P{\equiv}N$ et, d'après les données spectroscopiques, leurs énergies de formation doivent être voisines. Comme on a là une sorte d'épreuve de la stabilité des groupements OP et PN, la réaction doit conduire soit à l'oxychlorure de phosphore si ce

(2) H. Moureu et G. Wétroff, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 51.
(3) G. Wétroff, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 668.

sont les liaisons phosphore-azote qui sont les plus faibles, soit au chlorure de phosphonitrile dans le cas contraire.

L'expérience montre que le début de la réaction se situe aux environs de 800°. Le produit obtenu est de l'oxychlorure de phosphore $POCl^3$ accompagné d'une très faible quantité de chlorure de phosphonitrile $(Cl^2PN)^3$.

La coupure de la molécule OPN se fait donc entre le phosphore et l'azote suivant la réaction principale



$$2(OPN)^n + 3nCl^2 = 2nPOCl^3 + nN^2.$$

Quant à la formation du chlorure de phosphonitrile, elle peut être due soit à une réaction secondaire



$$2(OPN)^n + 2nCl^2 = 2(Cl^2PN)^n + nO^2,$$

soit à la décomposition partielle de l'oxyde de phosphonitrile, sous l'action de la température élevée, en nitrure et oxyde de phosphore, étudiée précédemment ([3]), suivie de l'action du chlore sur le nitrure formé.

Les réactions avec le chlore qui viennent d'être décrites prouvent que dans les corps où existent des liaisons phosphore-azote, celles-ci sont très stables et comparables à ce point de vue avec les groupements tels que PO, CN, SiN. Elles justifient la création de la notion d'un radical phosphonitrile, capable de se transposer en bloc d'un composé à l'autre, exactement comme le radical CN qui, par exemple, donne naissance au chlorure de cyanogène par action du chlore sur certains de ses composés.

On peut maintenant en se plaçant à un autre point de vue et en considérant les propriétés physiques des chlorures de phosphonitrile, chercher à préciser davantage leur structure.

Tout indique que ce sont des corps hautement polymérisés et, si l'on examine la molécule du paranitrure de phosphore $(PN)^n$, on est conduit à lui attribuer une structure renfermant des chaînes phosphore-azote très longues, pouvant être plus ou moins ramifiées.

Ces chaînes renfermant des atomes de phosphore trivalent peuvent être nitrurées, ce qui a été confirmé par l'expérience, certains atomes de phosphore passant à l'état pentavalent, ce qui conduit, suivant le degré de nitruration, à des composés de plus en plus riches en azote et, en dernier lieu, à la limite, au pentanitrure de phosphore $[(PN)^3N^2]^n$.

La longueur de la chaîne permettant une nitruration progressive, la composition centésimale des nitrures de phosphonitrile peut varier d'une

manière continue entre celle du paranitrure $(PN)^n$ et celle du pentanitrure $[(PN)^3 N^2]^n$, l'existence d'un terme défini doit donc être considérée comme exceptionnelle.

Mais, quel que soit le degré de nitruration atteint, la propriété de donner des chlorures de phosphonitrile sous l'action du chlore subsistera et doit être considérée comme caractéristique des composés du radical phosphonitrile.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation de l'acide molybdique soluble.* Note de Mlle **Marcelle Murgier**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'anhydride molybdique blanc MoO^3 est presque insoluble dans l'eau; l'hydrate jaune MoO^3, $2H^2O$ peut se dissoudre à raison de 20^g environ par litre, ce qui représente une solution 0,1 M en MoO^3. Graham a signalé un *acide molybdique soluble* qu'il obtient par action de l'acide sulfurique sur le molybdate de baryum.

Dans leurs recherches sur les complexes molybdiques, MM. Darmois et Honnelaitre [1] ont eu l'occasion d'employer la préparation de Graham. Toutefois, si l'on opère sans précautions spéciales, la solution obtenue est instable; elle dépose constamment de l'acide blanc.

Poursuivant les recherches de M. Darmois, j'ai réussi à rendre cette solution stable, en prenant un certain nombre de précautions dont le détail suit.

J'ai gardé le principe de la préparation de Graham. Le molybdate de Ba est obtenu en faisant réagir une solution de Cl^2Ba sur une solution de paramolybdate d'Am, dans la proportion de $58^g Cl^2Ba$, $2H^2O$ pour 106^g de $7MoO^3$, $3Am^2O$, $4H^2O$. Le molybdate et le chlorure sont dissous à chaud dans 10 fois leur poids d'eau environ. A l'aide d'une pipette, on verse par très petites portions le chlorure dans le molybdate en agitant avec une baguette de verre jusqu'à apparition d'une teinte laiteuse, après quoi, on peut opérer plus rapidement. Si l'on procède trop vite au début, le précipité de molybdate de Ba coagule en une masse pierreuse inutilisable. Le précipité est d'autant plus fin que la température des solutions est plus élevée; il y a avantage à opérer à 40° au moins. La finesse du précipité favorise nettement l'attaque par SO^4H^2.

---

[1] *Ann. de Chimie*, 10e série, 3, 1925, p. 5.

Après décantation, on lave soigneusement (une vingtaine de fois) le précipité à l'eau distillée sur un entonnoir Buchner relié à une trompe à eau.

Nous avons analysé ce précipité de molybdate; contrairement à certaines indications, c'est un molybdate acide dont la formule correspond sensiblement à celle du paramolybdate d'Am; ce serait $Mo^7O^{24}Ba^3$.

Le précipité bien sec, *fraîchement préparé ou non*, est traité par une quantité d'acide sulfurique, inférieure d'environ 15 pour 100 à la quantité théorique, et diluée dans 5 fois son poids d'eau. On laisse agir 10 minutes en agitant de temps à autre. L'expérience nous a montré que le défaut d'acide sulfurique était nécessaire.

On filtre ensuite le plus rapidement possible à l'aide d'un entonnoir Buchner et d'une trompe à eau. Si la filtration est lente, le liquide bleuit par suite de la réduction de MoO^3.

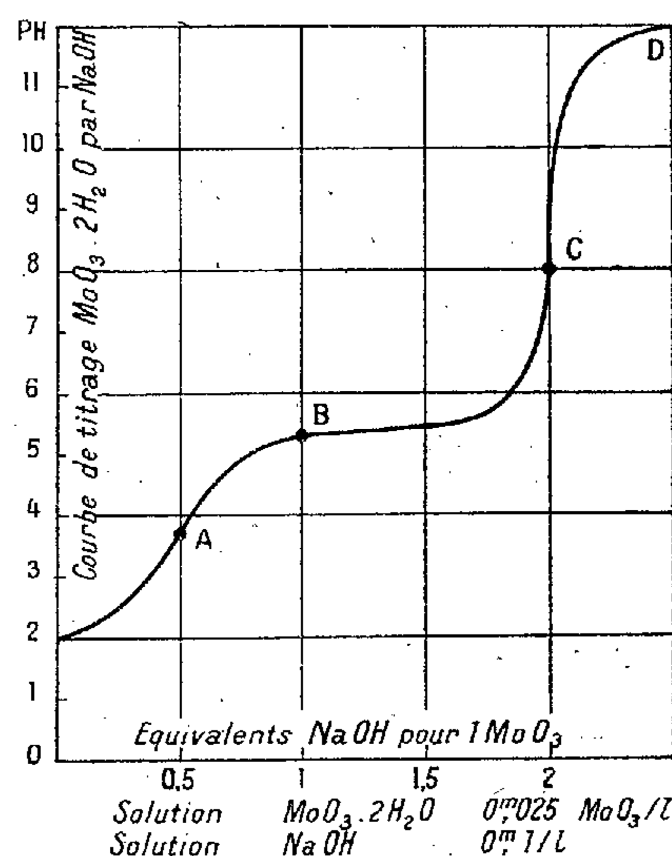
On obtient alors une solution acide très transparente. Son titre est supérieur à 2 MoO^3 par litre. Elle est donc plus de 20 fois plus concentrée que la solution d'hydrate jaune. L'expérience nous a montré qu'elle pouvait se conserver, sans le plus léger trouble, pendant une semaine. Cette conservation facile nous a permis d'effectuer sur la solution des opérations qu'il était impossible d'effectuer jusqu'ici; nous signalerons entre autres la prise du spectre Raman.

CHIMIE MINÉRALE. — *Constitution de l'acide molybdique en solution aqueuse diluée*. Note (1) de Mme **Zina Soubarew-Chatelain**, présentée par M. Paul Lebeau.

Si l'on établit la courbe représentant la variation du pH en fonction de la quantité de NaOHN ajoutée à une solution aqueuse contenant $0^{mol},025$ de MoO^3 par litre, on obtient les mêmes résultats, que l'on parte de MoO^3H^2O, monohydrate blanc, ou de $MoO^3 2H^2O$, dihydrate jaune, ces composés ayant pu être isolés à l'état de pureté depuis les travaux de V. Auger (2). La courbe obtenue est analogue à celle qui a déjà été enregistrée par A. Travers et Malaprade (3) et A. Honnelaitre (4).

(1) Séance du 6 février 1939.
(2) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 913.
(3) *Bull. Soc. Chim.*, 39, 1926, p. 1410.
(4) *Ann. Chim.*, 3, 1925, p. 31.

Sur cette courbe, on distingue trois régions : les régions OA, ABC et CD. La région OA correspond par sa forme à la neutralisation d'un acide fort. On peut admettre que A représente le point d'équivalence de cette fonction. La région ABC possède, en gros, les caractères d'un titrage d'acide faible, mais la dissymétrie de la courbe laisse prévoir qu'à ce titrage d'acide faible doit se superposer très vraisemblablement une autre



réaction. Le point C de cette dernière portion de courbe a les caractères d'un point d'équivalence.

D'après les résultats que j'ai obtenus précédemment (5), je suppose que la solution initiale renferme l'acide dimolybdique $Mo^2O^7H^2$, qui a une fonction acide fort monovalent, c'est-à-dire que cet acide est fortement dissocié en solution diluée suivant



$$Mo^2O^7H^2 \rightleftharpoons [Mo^2O^7H]^- + H^+.$$

D'après l'analyse de la courbe, la portion OA concerne la neutralisation de cet acide fort. A partir de A s'amorce le titrage de l'acide faible que l'on peut représenter en ions par



$$[Mo^2O^7H]^- \rightleftharpoons [Mo^2O^7]^{--} + H^+.$$

Il s'agit d'un équilibre en solution diluée; nous pouvons donc appliquer

(5) Z. CHATELAIN, *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 222; Z. CHATELAIN et A. BERTON, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 669.

la loi d'action des masses en confondant les activités et les concentrations

$$\frac{[Mo^2O^7]^{--}.[H]^+}{[Mo^2O^7H]^-} = K.$$

Si cet ensemble d'hypothèses est acceptable, K doit être sensiblement constant, ce dont on peut s'assurer de la façon suivante :

Soit N_{max} la quantité de soude ajoutée à la solution depuis le point A jusqu'au point B, et N la quantité de soude ajoutée, de telle sorte que le point figuratif soit compris sur la courbe entre A et B, le point N représente alors la concentration $[Mo^2O^7]^{--}$ du dimolybdate acide combiné, et l'on doit avoir sensiblement

$$\frac{N.[H]^+}{N_{max} - N} = K.$$

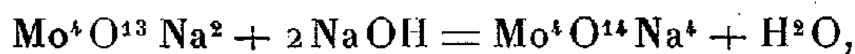
Dans cette équation figurent seules des données expérimentales. Le calcul fournit les résultats suivants : entre $p_H = 4{,}6$ et $5{,}1$ la valeur de K ne varie sensiblement pas : $K = 0{,}95 . 10^{-5} \pm 0{,}05 . 10^{-5}$, ce qui est très satisfaisant.

Si l'on suppose qu'au point A de la courbe correspond un tétramolybdate $Mo^4O^{13}Na^2$, il faut admettre que suivant AB se produise une réaction telle que



$$Mo^4O^{14}Na^2H^2 + 2NaOH = Mo^4O^{14}Na^4 + 2H^2O,$$

ou telle que



$$Mo^4O^{13}Na^2 + 2NaOH = Mo^4O^{14}Na^4 + H^2O,$$

car le groupement tétramolybdique doit subsister, puisque le spectre d'absorption ne change pas et qu'un même groupement doit être seul responsable de l'absorption (5). Dans les deux cas on devra alors avoir

$$\frac{N.[H^+]^2}{N_{max} - N} = K,$$

mais alors la valeur de K doit varier de 10^{-15} à 10^{-19}, ce qui condamne définitivement l'hypothèse de l'acide tétramolybdique dans les conditions de concentration ci-dessus indiquées. Il semble ainsi bien établi qu'en solution diluée l'acide molybdique, quel que soit l'hydrate pris comme point de départ, se trouve sous la forme

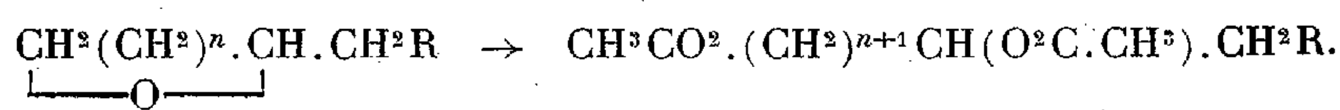


$$[Mo^2O^7H]^-H^+.$$

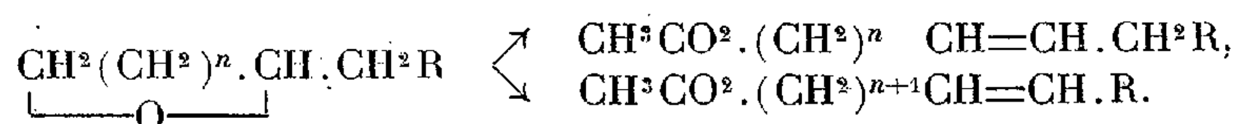
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'ouverture des cycles hydrofuraniques et hydropyraniques à l'aide de l'anhydride acétique.* Note de M. **Raymond Paul**, transmise par M. Robert Lespieau.

L'action de l'anhydride acétique sur les époxydes n'a été bien étudiée que dans le cas des oxydes d'éthylène, qui donnent ainsi les diacétates des diols correspondants. Par contre, on ne trouve que très peu d'exemples de rupture des cycles hydrofuraniques et hydropyraniques (¹) au moyen de ce réactif : une série d'essais effectués sur divers époxydes 1.4 et 1.5 a permis de constater que l'ouverture du cycle ne se fait convenablement qu'à partir de 190° et en présence d'une petite quantité de chlorure de zinc. L'effet de l'anhydride acétique peut alors se résumer dans les deux réactions suivantes :

I. Formation d'une diacétate



II. Formation d'acétates d'alcools éthyléniques 1.3 et 1.4 avec les époxydes 1.4-1.4 et 1.5 avec les époxydes 1.5



Le Tableau ci-dessous indique le rendement de chacune de ces réactions dans les divers cas étudiés :

Époxydes 1.5-$CH^2(CH^2)^3.CH.R'$ (pont O).

R'	Diacétate (pour 100).	Acétates éthyléniques (pour 100).
—H	23	0
—CH^3	24	70
—C^3H^7	10	84
—C^4H^9	11	83
—C^6H^5	résinifié	

(¹) Pariselle, *Ann. de Chim.*, 8ᵉ série, **24**, 1911, p. 366; Hamonet, *Ann. de Chim.*, 9ᵉ série, **10**, 1918, p. 24; Knœvenagel, *Lieb. Ann.*, **402**, 1914, p. 111.

Époxydes 1.4-$\underbrace{CH^2(CH^2)^2.CH}_{O}.R'$.

R′.	Diacétate (pour 100).	Acétates éthyléniques (pour 100).
$-H$	77	0
$-C^2H^5$	22	64
$-C^4H^9$	18	76
$-C^5H^{11}$	15	77
$-CH^2.C^6H^5$	29	20
$-CO^2.C^2H^5$	57	traces
$-(CH^2)^2.CO^2.C^2H^5$	56	traces
$-CH^2(O^2C.CH^3)$	74	0
$-CH\begin{cases}CH^3\\O^2C.CH^3\end{cases}$	67	traces
$-CH\begin{cases}C^2H^5\\O^2C.CH^3\end{cases}$	89	traces

Sauf dans le cas des alcoyltétrahydrofurans et des alcoyltétrahydropyrans, qui réagissent presque quantitativement, les rendements indiqués ont été calculés en tenant compte de l'époxyde récupéré. Les détails expérimentaux seront publiés dans un autre Mémoire.

L'examen de ces résultats suggère les remarques suivantes :

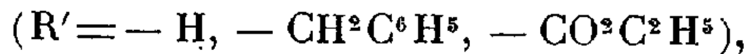
1° L'ouverture de l'hétérocycle, bien plus aisée dans le tétrahydrofuran que dans le tétrahydropyran, doit être vraisemblablement rapportée à la tension notable du noyau pentagonal. L'angle des valences de l'atome d'oxygène étant de 90° dans les molécules sans tension, on sait en effet que cet angle est de 88° dans le tétrahydropyran et de 105-108° dans le tétrahydrofuran [2].

Il est assez curieux toutefois que cette différence de réactivité ne se manifeste plus chez les dérivés substitués de ces deux époxydes.

2° L'importance relative des réactions I et II paraît être fonction de la polarité du substituant R′.

Si cette polarité est peu marquée ($R' = -CH^3, -C^2H^5, \ldots$), il se forme surtout des acétates éthyléniques; le rendement de la réaction I conduisant à l'ester diacétique est alors très faible.

Au contraire, lorsque le substituant est un donneur d'électrons



$$(R' = -H, -CH^2C^6H^5, -CO^2C^2H^5),$$

---

[2] HIBBERT et ALLEN, *Am. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 4115.

le rendement en diacétate augmente : avec des substituants nettement positifs comme —H ou —CO^2R, c'est pratiquement le seul produit isolable.

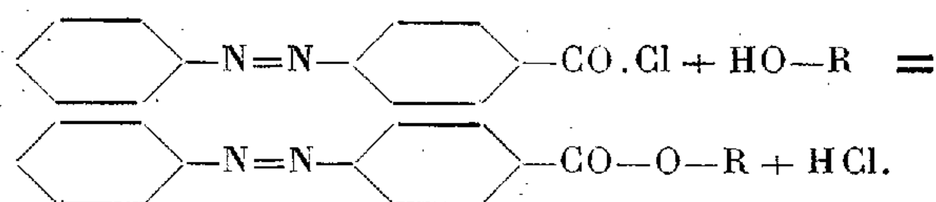
3° La stabilité de l'hétérocycle dépend également de la polarité des substituants : plus le caractère positif de celui-ci est accentué, plus la rupture est difficile. L'interprétation électronique de ce fait a d'ailleurs été discutée dans une Note précédente ([3]).

Le taux de la rupture, qui s'élève jusqu'à 94 pour 100 dans le cas des alcoyltétrahydropyrans et des alcoyltétrahydrofurans, n'est plus que de 30 pour 100 pour le tétrahydropyromucate d'éthyle. Il s'abaisse jusqu'à 8 pour 100 avec l'époxy-1.5-pentane.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle série d'esters des oses, les azoyl-esters.* Note de M. **Watroslav S. Reich**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans un but d'identification et de séparation des oses, il m'a semblé intéressant de préparer des esters caractérisés par une couleur prononcée et un poids moléculaire élevé.

J'ai trouvé qu'il est possible d'estérifier aisément les groupements oxhydryles des oses en faisant agir le chlorure d'azobenzol-*p*-benzoyle dans des conditions déterminées :



Pour simplifier, j'appellerai le chlorure d'azobenzol-*p*-benzoyle azoyl-chlorure et les esters azoyl-esters.

Préparation de l'azoyl-chlorure. — J'ai préparé ce corps de la manière suivante : 5^g de l'acide azobenzolparabenzoïque sont mélangés dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant avec 15^{cm^3} de benzène. On ajoute une solution de 4^g de $SOCl^2$ dans 10^{cm^3} de benzène et on chauffe le tout 60 minutes au bain-marie. Le solvant est ensuite évaporé dans le vide à 80°; puis le résidu est repris par le benzène et le benzène de nouveau évaporé. On répète trois fois cette opération. Le résidu est dissous au bain-marie dans la quantité minima d'éther de pétrole (Éb. 60-80°).

([3]) R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 2, 1935, p. 747.

De la solution filtrée à chaud, cristallise à 0° l'azoyl-chlorure. Ce corps recristallisé se présente en cristaux rouge foncé à reflets métalliques violacés. P. F. 93°. Le rendement est théorique.

Analyse,	C	H	N	Cl
trouvé (%)	64,04	3,91	11,8	14,33
calculé (%) pour ⬡-N=N-⬡-COCl.	63,8	3,71	11,5	14,5

Estérification du glucose. — 25$^{cm^3}$ de pyridine (pure, sèche) sont refroidis à —20°; on ajoute alors 4^g,10 d'azoyl-chlorure. Le mélange est abandonné 30 minutes à —20° et l'on ajoute 0^g,5 de glucose sec. On laisse 3 jours à —12° et l'on ajoute 3$^{cm^3}$ d'alcool méthylique. On abandonne une heure à —20°, puis 12 heures à 0°. On sépare la partie solide qui s'est formée par filtration et on la dissout dans le chloroforme. On précipite par l'alcool éthylique absolu une poudre rouge qui est recristallisée dans le dioxane. Les cristaux rouges ont un point de fusion de 234°-236°. Le rendement est de 80 pour 100. Le pouvoir rotatoire est $[\alpha]_{6439}^{20°} = +193°$ (chloroforme; conc. 1 pour 100).

Analyse,	C	H	N
trouvé (%)	69,3	4,14	11,36
calculé (%)	69,8	4,29	11,47

Ce qui correspond à la formule



Il s'agit de l'α-pentaazoyl-*d*-glucopyranose.

Estérification du fructose. — L'estérification s'effectue dans les mêmes conditions que pour le glucose. Après l'estérification et l'addition d'alcool méthylique au mélange estérifiant, la pyridine et l'alcool méthylique furent évaporés à sec sous pression réduite. Le résidu fut dissous dans la quantité minima de chloroforme à froid et l'ester séparé par précipitation par l'alcool absolu. Ce précipité fut recristallisé dans CCl^4. Cristaux rouges : P. F. 135-136°, pouvoir rotatoire $[\alpha]_{6,439}^{20°}$ — 345° (chloroforme; conc. 1 pour 100).

Analyse,	C	H	N
trouvé (%)	69,32	4,47	11,25
calculé (%)	69,8	4,29	11,47

Il s'agit du β-pentaazoyl-*d*-fructopyranose.

L'obtention de ces esters permettra, grâce à leur coloration et à leur aptitude à être adsorbés, la séparation chromatographique et, grâce à leur poids moléculaire élevé, l'élaboration d'une microméthode.

MÉTÉOROLOGIE. — *La détermination instantanée et sans calcul de toute altitude d'une radio-sonde*. Note (¹) de M. **Jean Lugeon**, présentée par M. Charles Maurain.

Pour déterminer l'altitude d'une radio-sonde émettant la pression, la température et l'humidité, on opère par tranches d'air superposées, ce qui exige souvent des calculs fastidieux. En balistique et en météorologie, il est actuellement nécessaire d'aller plus vite et plus exactement. Je propose pour cela les méthodes suivantes, présentant l'avantage de n'exiger aucun calcul, d'être quasi instantanées avec une précision mathématique surabondante, quant aux données instrumentales des radio-sondes des temps présents.

Soit $\Delta h = f(p, t_v)$ la courbe d'état de l'atmosphère donnée par la radio-

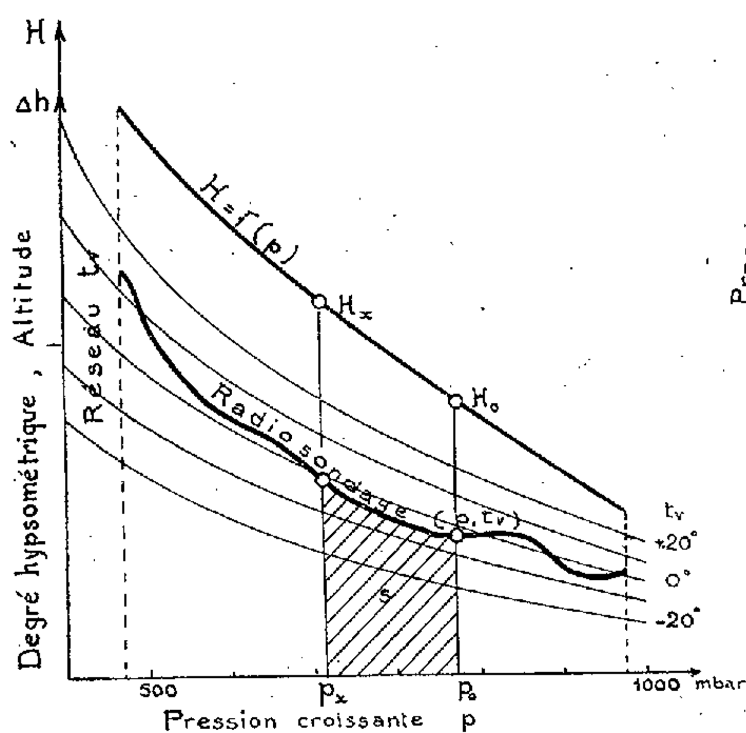


Fig. 1.

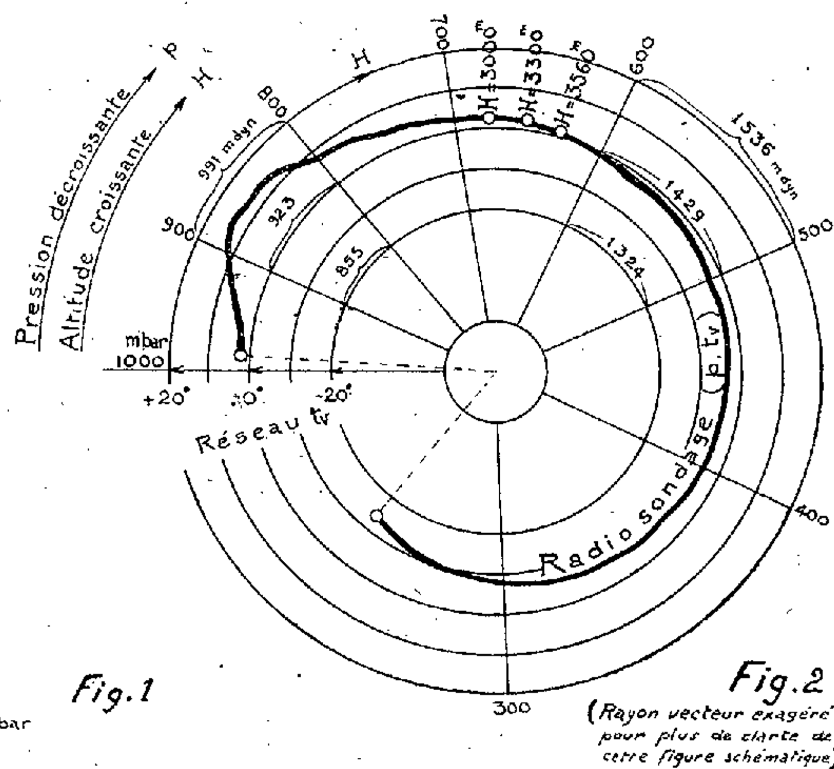


Fig. 2.
Rayon vecteur exagéré pour plus de clarté de cette figure schématique.

sonde (*fig.* 1), où Δh, porté en ordonnées, est le degré hypsométrique, c'est-à-dire la variation d'altitude en mètres-dynamiques, pour une variation de

(¹) Séance du 13 février 1939.

1 millibar à un niveau de pression p quelconque, portée en abscisses, et cela pour une température corrigée de l'humidité, appelée température virtuelle t_v. Dans ce système de coordonnées, la température forme donc un réseau d'isolignes $t_v =$ constante. La courbe d'état est dessinée dans ce réseau pendant l'ascension même du ballon, ce que la pratique rendra possible. On démontre facilement que l'altitude quelconque H_x, portée en ordonnées, entre deux pressions quelconques p_o et p_x est

$$H_x = \int_{p_0}^{p_x} f(p, t_v)\, dp = \int_s h,$$

soit la surface s, comprise entre les ordonnées élevées sur p_0 et p_x, le segment de la courbe d'état et les abscisses. On voit donc qu'un seul coup de planimètre donne instantanément une altitude quelconque, voire le sommet du sondage. Lorsqu'on doit dessiner point par point toute la courbe d'altitude $H = f(p)$, on peut même se dispenser de cette opération. En effet, dans les mêmes axes, la courbe intégrale de Δh n'est autre que cette courbe d'altitude du ballon $H = f(p)$, car on peut écrire

$$\Delta h = f(p) = \frac{dH}{dp}.$$

Alors

$$H = \text{const.} + \int_{p_0}^{p_x} f(p)\, dp = C + \int_{p_0}^{p_x} f(p, t_v)\, dp.$$

Cette courbe intégrale, qui définit dans l'espace la position de tous les éléments désirés du sondage, se dessine d'elle-même par le traceur d'un intégraphe d'Abdank-Abakanowitz, en suivant avec la pointe sèche de cet instrument, la courbe d'état expérimentale (p, t_v). Ainsi, à l'éclatement du ballon, le dépouillement est déjà terminé.

Si l'on porte le radiosondage (p, t_v) en coordonnées polaires, l'argument étant les millibars, Δh le rayon vecteur et les isolignes t_v un réseau de spirales, on montre, par analogie, de la même manière, que l'altitude H est donnée à tout instant par la simple lecture d'un curvimètre qui suit la ligne (p, t_v) tracée dans ce réseau, à condition que le plan de sa roulette reste constamment perpendiculaire au rayon vecteur. La même opération est réalisée plus précisément par un planimètre radial d'Amsler. De ce principe découle l'importante simplification graphique suivante. On substitue H à ΔH. Il vient alors $H = f(p, t_v)$. Portons dans notre système de coordonnées polaires (*fig.* 2), les H le long de cercles concentriques au pôle et

ceci linéairement, de telle sorte que chacun de ces cercles parallèles soit une température t_v = const.

L'argument (l'angle) est alors p, qui varie non linéairement, et la fonction devient $H = f(p, t_v) = H_{arc} = f(\text{arc } p, t_v)$.

On reporte le sondage (p, t_v), comme dans les cas précédents, dans ce réseau de cercles parallèles t_v = constante. Soit le curvimètre, dans les conditions précitées, soit le planimètre-radial, donne alors à tout instant la ligne intégrale de notre fonction, soit $H_x = \int_{p_0}^{p_x} (\text{arc } p, t_v)\, dp$, entre deux niveaux de pression quelconques, par exemple p_0 au sol et p_x à l'altitude absolue H_x au-dessus du sol.

Cette dernière méthode est extrêmement simple, puisqu'il n'y a qu'à suivre avec le traceur du planimètre-radial la ligne donnée par la radiosonde (p, t_v), laquelle a la forme d'une spirale, et à lire sur le compteur à roulette, l'altitude correspondant à toute pression de son choix, inscrite une fois pour toutes sur la circonférence.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action exercée sur la caryocinèse et la cytodiérèse par quelques hydrocarbures et leurs dérivés.* Note de M. **Pierre Gavaudan**, Mme **Noélie Gavaudan** et M. **Joseph-François Durand**, présentée par M. Marcel Delépine.

Après Shmuk [1] nous avons montré que le naphtalène possédait une ébauche d'activité mito-inhibitrice rappelant celle exercée par l'acénaphtène; nous avons indiqué que cette propriété était partagée à un moindre degré par le diphényle. Dans cette Note nous précisons l'action du naphtalène et nous indiquons les premiers résultats des recherches que nous poursuivons sur l'action des hydrocarbures sur la caryocinèse. La jeune racine de *Triticum vulgare* (blé Vilmorin de semence n° 27) a été prise pour test.

Le naphtalène produit un certain effet d'inhibition de la caryocinèse suivi de toxicité variable selon la dose. Au début de l'action des vapeurs saturantes on trouve un grand nombre de figures cinétiques altérées à tous les stades et rappelant plus ou moins l'*effet Dustin* [stathmocinèse [2]],

---

(1) *C. R. de l'Acad. des Sc. de l'U. R. S. S.*, 19, 1938, p. 189.

(2) A. P. Dustin, *Arch. f. exper. Zellfors.*, 22, 1939, p. 395-406.

obtenu au moyen de la colchicine ou de l'acénaphtène. L'action initiale du naphtalène entraîne une modification de l'appareil achromatique surtout très visible aux stades anaphase et télophase. Les perturbations provoquées par une exposition de 2 à 10 heures aux vapeurs saturantes de naphtalène sont les suivantes : il se reconstitue, à la suite des cinèses avortées ou incomplètes, des noyaux de restitution anormaux plus ou moins déformés, ou profondément échancrés, réniformes et même annulaires. Ces noyaux comprennent en réalité deux noyaux fils plus ou moins soudés ou individualisés, selon le degré de sévérité de l'altération fusoriale. On ne peut prolonger l'action des vapeurs au delà d'une vingtaine d'heures sans un fort effet toxique.

D'autre part, sous l'influence du naphtalène la formation de la membrane cellulaire et la cytodiérèse s'effectuent anormalement. A la place de la régularité de cloisonnement ordinairement rencontrée dans la racine de *Triticum*, on observe sous l'influence du naphtalène de nombreuses anomalies. Les membranes, parfois sinueuses, se *constituent obliquement ou perpendiculairement au plan normal.* Les processus atypiques de cloisonnement divisent parfois la cellule mère en plus de deux cellules filles. Cette action du naphtalène, dépendant de l'altération du fuseau, rappelle les effets décrits par M. Navashin ([3]) et nous-mêmes ([4]) après action ménagée de l'acénaphtène. Nous réservons à une étude ultérieure l'éventualité de la production par le naphtalène, dans certaines conditions, de cellules définitivement polyploïdes ainsi que la description des tuméfactions radiculaires obtenues par action de faibles doses de naphtalène.

D'après Shmuk, l'augmentation d'intensité chez l'acénaphtène d'une propriété esquissée chez le naphtalène obéirait à la règle générale qui veut que l'adjonction d'un cycle 5 à un système de cycles 6 exalte en général certaines activités biologiques (hormones sexuelles, carcinogènes). Dans quelle mesure l'activité du naphtalène est-elle comparable à celle de l'acénaphtène et de la colchicine? Cette action modificatrice exercée sur la caryocinèse est-elle réellement l'ébauche de l'*effet Dustin* de l'acénaphtène? Étant donnée la toxicité surajoutée du naphtalène, faut-il supposer une action banale, détournée et sans spécificité, comme peuvent l'exercer chez les végétaux, par des mécanismes peut-être divers, des agents variés tels

---

([3]) *C. R. de l'Acad. des Sc. de l'U. R. S. S.*, **19**, 1938, p. 193.

([4]) P. Gavaudan, N. Gavaudan et J.-F. Durand, *C. R. Soc. Biol.*, **129**, 1938, p. 559; *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1124; *C. R. Soc. Biol.*, **130**, 1939, p. 53.

que d'autres hydrocarbures, l'hydrate de chloral (5), le cacodylate de soude (recherches en cours de cette substance)? Pour apporter quelques-uns des éléments de réponse à ces questions, nous avons entrepris la préparation et l'essai de diverses substances du type de l'acénaphtène. Si l'acénaphtylène, aussi volatil que l'acénaphtène, en possède toute l'activité, il n'en est pas de même de l'acénaphtène-dione et de la bi-acène-dione peu volatiles et inactives. Mais c'est surtout l'étude des dérivés 1-8 du naphtalène qui nous renseignera ultérieurement sur l'utilité ou la nécessité de la présence du cycle 5, relativement à l'augmentation d'activité et à la perte de toxicité de l'acénaphtène.

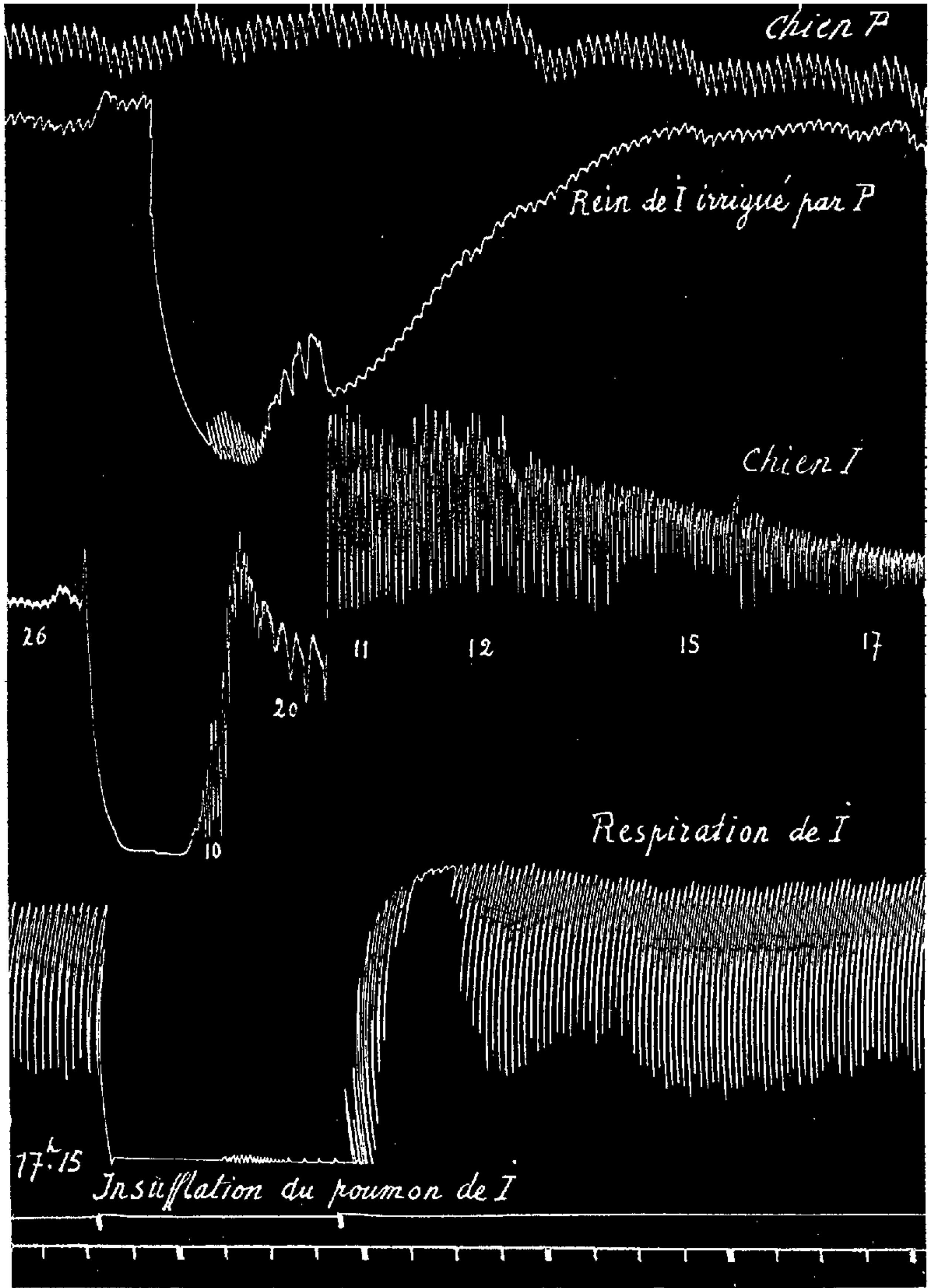
Nous avons également essayé divers hydrocarbures, dont le benzène aux vapeurs très toxiques. Nous confirmons l'inactivité du fluorène déjà notée par Shmuk. Cette substance possède deux cycles 6 et un cycle 5 mais pas de noyau naphtalène. De même le carbazol est inactif. Le 7-isopropyl-1-méthyl-phénantrène (rétène), le triphénylméthane, l'anthracène sont inactifs. Le diphényle étant légèrement actif et fort peu toxique, nous avons essayé diverses substances à deux noyaux benzéniques. L'oxyde de phényle, le diphénylméthane sont actifs mais très toxiques, même à l'état de vapeurs. Le stilbène, la cétone de Michler sont inactifs. La benzophénone peut être utilisée par contact ménagé pour provoquer des anomalies diverses telles que cloisonnements anormaux, caryomérites, cellules à 3 ou 4 noyaux.

Le phénanthrène enfin montre une activité (déviation des plans de cloisonnement) douteuse, parce que variable selon l'origine du produit. Il est possible que l'activité du phénanthrène soit due à une impureté que nos essais d'isolement nous ont montrée d'ailleurs toxique. Des recherches sont en cours sur ce sujet important au point de vue théorique puisque le phénanthrène constitue le noyau de la colchicine.

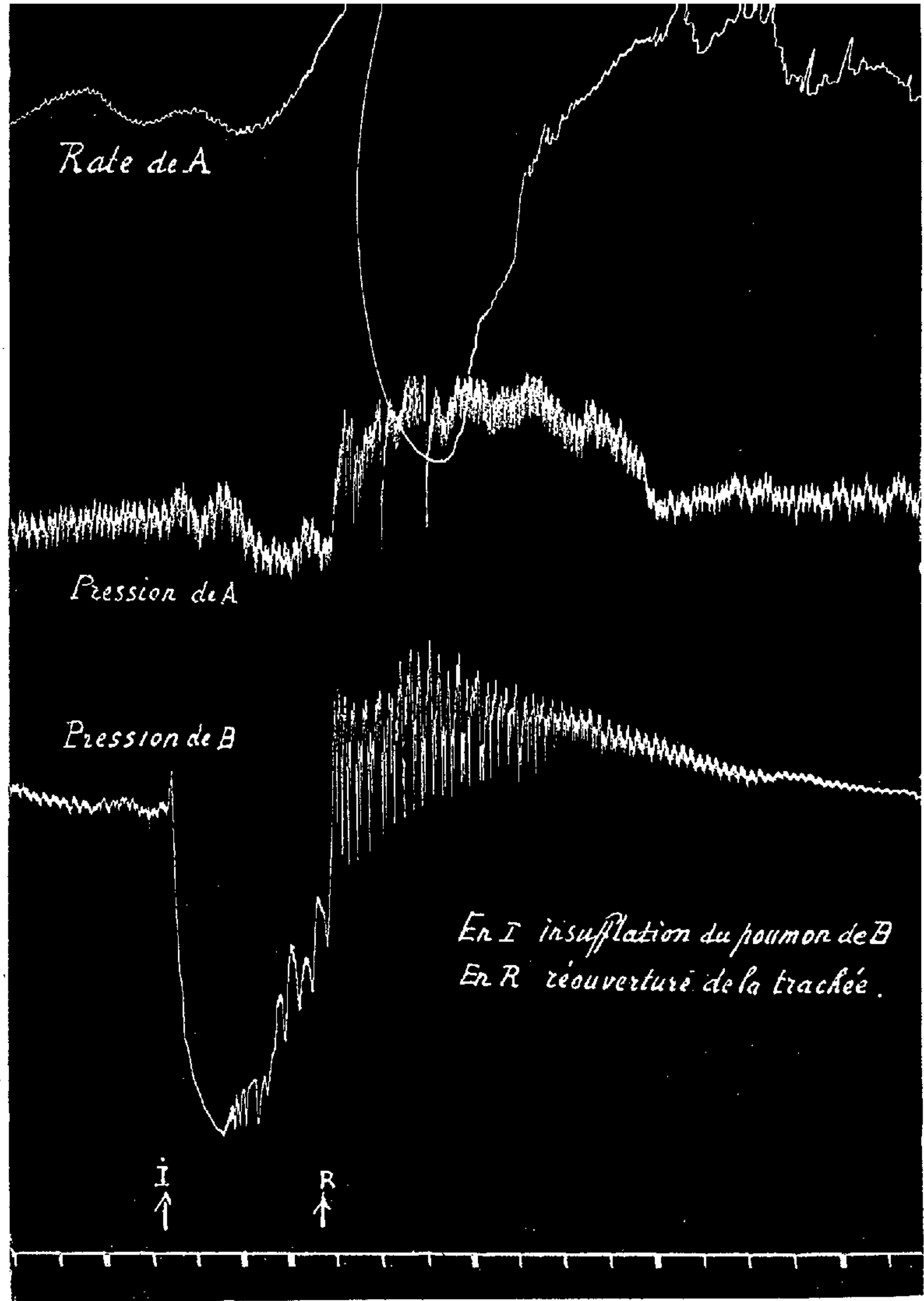
PHYSIOLOGIE. — *Mécanisme de l'hypertension post-dépressive observée après insufflation temporaire des poumons.* Note de MM. **André Tournade** et **Georges Chardon**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

N. Gréhant a signalé autrefois les troubles circulatoires que détermine une insufflation énergique et soutenue d'air dans les poumons. Pour

(5) P. et N. Gavaudan, *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 432.



Tracé 1. — *Expérience de rein* irrigué. Le chien *I* (qui a son rein droit irrigué par les vaisseaux cervicaux de P) subit à 17h 15 une insufflation de ses poumons pendant 1 minute 15 secondes. La pression artérielle de cet animal tombe d'emblée à zéro, puis se relève bien au-dessus de son niveau primitif quand on cesse la distension pulmonaire. — Cependant le rein « irrigué » s'est réduit de volume, par vaso-constriction nerveuse pure; et cette réaction (qui s'étend évidemment au reste de l'organisme de *I*) ne peut que jouer un rôle essentiel dans l'hypertension post-dépressive présentée par ce sujet *I*.



Tracé 2. — *Expérience d'anastomose veineuse surrénalo-jugulaire.* Le chien *B* (qui cède le sang veineux de sa surrénale droite à son congénère *A*, décapsulé) subit, de *I* en *R*, une distension forcée de ses poumons. De ce fait, il présente une chute brutale de sa pression artérielle à zéro, puis une hypertension dès que l'agression prend fin. — Pendant la chute de pression l'adrénaline reste dans la glande même où elle est sécrétée : le transfusé *A* cesse d'en recevoir, ainsi qu'en témoignent le fléchissement discret de sa pression, la dilatation nette de sa rate. Mais, lorsque, chez *B*, la circulation se rétablit (par levée de l'obstacle qui l'entravait), les surrénales du sujet livrent une quantité surabondante d'hormone, ce qu'objectivent l'élévation de la pression et la spléno-contraction de *A*. Cette réaction sécrétoire participe évidemment à l'hypertension post-dépressive offerte par *B*.

une distension suffisante (6 cmHg par exemple), les deux pressions, artérielle et veineuse, s'égalisent : la première tombe dans la mesure où l'autre s'élève; le cours du sang s'arrête. L'animal au bout de quelques instants urine, présente de l'extension des pattes; il ne survit guère plus de 4 à 5 minutes. A l'autopsie les cavités cardiaques droites et gauches contiennent parfois une mousse abondante comme si l'on avait injecté de l'air dans les vaisseaux, particularité que l'auteur rapporte à une déchirure des vésicules pulmonaires et des vaisseaux sanguins par l'air insufflé.

Ces expériences sont d'une reproduction facile. Tuffier et Hallion en ont confirmé les principaux résultats. Nous les avons répétées à notre tour, avec l'arrière-pensée qu'elles nous livreraient certaine particularité non signalée par nos prédécesseurs, mais dont nous ne pouvions mettre en doute l'existence : la production d'une hypertension post-dépressive, lorsqu'on interrompt la distension pulmonaire avant que l'animal n'ait succombé.

Effectivement, si, après avoir insufflé l'appareil respiratoire et maintenu ainsi la pression artérielle au voisinage de zéro pendant une à deux minutes, nous permettons brusquement à l'air comprimé de s'échapper des poumons en ouvrant la pince qui fermait la trachée, nous assistons à la reprise immédiate de la circulation : la pression veineuse tombe ([1]), le cœur se remet à battre à plein débit ([2]); quant à la pression artérielle, elle s'élève rapidement au-dessus de son niveau primitif, parfois jusqu'à 20 à 25 cmHg. C'est là un nouvel exemple de cette hypertension correctrice dont nous avons appris à connaître la fréqence après toute dépression notable. Le phénomène, proportionné à l'intensité et à la durée de l'hypotension antécédente, résulte ici, comme toujours, d'une mise en œuvre simultanée des systèmes vasomoteur et chromaffine en réplique à l'anémie bulbaire.

Que ces mécanismes interviennent effectivement tous deux, c'est ce que démontre l'emploi de nos techniques habituelles : le rein irrigué met bien en évidence la réaction neuro-vasculaire (tracé 1); l'anastomose veineuse

---

([1]) Ainsi que celle du liquide céphalo-rachidien qui s'était notablement accrue pendant l'agression.

([2]) Sur un rythme d'ailleurs ralenti. Cette bradycardie débute déjà 20 à 30 secondes après l'insufflation et persiste 3 à 4 minutes après l'expulsion de l'air pulmonaire. Elle reconnaît des causes multiples : d'abord l'excitation anémique du centre vagual; puis, si l'épreuve est quelque peu prolongée, l'anémie du myocarde lui-même; enfin, au moment de la levée de l'obstacle, l'intervention de l'adrénaline.

surrénale-jugulaire entre deux chiens démontre clairement la participation, un peu plus tardive mais en revanche plus prolongée, de l'adrénalino-sécrétion (tracé 2).

Conclusions. — En somme, nous constatons une fois de plus, à propos de l'expérience de Gréhant, avec quelle constante synergie, quelle exacte opportunité, entrent en jeu les phénomènes neuro-vasculaires et adrénalino-sécrétoires compensateurs de toute hypotension artérielle franche, quel que soit le procédé dont relève la dénivellation à corriger.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Influence de la saignée sur le pouvoir histaminasique du plasma.* Note de MM. **Georges Ungar** et **Jean-Louis Parrot**, présentée par M. Paul Portier.

On sait depuis longtemps que l'histamine introduite dans l'organisme ou formée dans celui-ci se trouve rapidement détruite et qu'injectée lentement, une dose plusieurs fois mortelle est facilement supportée. L'action destructrice exercée par les tissus sur l'histamine est attribuée aujourd'hui à la présence d'une diastase spécifique, l'histaminase [Best et Mc Henry ([1])]. De nombreux auteurs ont étudié la répartition de cette diastase dans les divers tissus, et l'on sait que les organes qui en sont les plus riches sont le rein, l'intestin et le poumon. Par contre la teneur en histaminase des liquides de l'organisme n'a pas été l'objet de recherches, tout au moins à notre connaissance.

Nous avons donc entrepris l'étude du pouvoir histaminasique du sang dans diverses conditions expérimentales et cliniques. La présente Note est destinée à montrer les variations de ce pouvoir à la suite de la saignée. Pour déterminer le pouvoir histaminasique du sang nous opérons sur du plasma obtenu par centrifugation du sang rendu incoagulable par du *liquoïde Roche*. Une quantité connue de chlorhydrate d'histamine est mise en présence de $0^{cm^3},5$ de plasma, de sorte que la solution finale, complétée par du NaCl physiologique, contient $0^{\gamma},2$ de chlorhydrate d'histamine par centimètre cube. Le mélange est mis à l'étuve à 38° pendant deux heures, en même temps qu'une solution témoin contenant de l'histamine à la même concentration, mais ne contenant pas de plasma.

Au bout de 2 heures, on dose l'histamine dans les deux échantillons en

([1]) *Journ. of Physiol.*, 70, 1930, p. 349.

prenant comme test la contraction de l'intestin isolé du Cobaye, ce qui permet de déterminer la quantité d'histamine disparue au contact du plasma. Cette quantité exprimée en pourcentage de la quantité totale d'histamine donne le pouvoir histaminasique du plasma. Chez le Chien, ce pouvoir varie de 0 à 20, en dehors de toute intervention expérimentale. Nous avons constaté qu'à la suite de la saignée ce pouvoir subissait à peu près constamment une augmentation. Le tableau ci-dessous donne quelques exemples de ces expériences.

Expériences.	Provenance du sang.	Histamine détruite pour 100.	
Chienne, 8^{kg}.	Veine fémorale	0	avant saignée de 110^{cm^3}
		50	après saignée de 110^{cm^3}
» 14^{kg}.	»	20	avant saignée de 100^{cm^3}
		60	après saignée de 100^{cm^3}
» 18^{kg}.	Veine jugulaire	0	avant saignée de 100^{cm^3}
		90	immédiatement après
		85	5 minutes après
Chien, 24^{kg}.	Artère	0	avant saignée de 150^{cm^3}
		85	après saignée de 150^{cm^3}
Chatte, 3^{kg}.	»	0	avant saignée de 50^{cm^3}
		85	immédiatement après
		65	15 minutes après
Chienne, 10^{kg}.	Artère	0	avant saignée de 200^{cm^3}
»	Veine jugulaire	0	
»	Veine rénale	0	
»	Veine porte	0	
»	Artère	0	immédiatement après
»	Veine jugulaire	100	
»	Veine rénale	30	
»	Veine porte	10	
Chienne, 7^{kg}.	Artère	0	avant saignée de 100^{cm^3}
»	Veine jugulaire	0	
»	Artère	20	immédiatement après
»	Veine jugulaire	70	
»	Artère	30	1 heure après
Chien, 18^{kg}.	Artère	20	avant saignée de 200^{cm^3}
»	Veine fémorale	20	
»	Veine splénique	10	
»	Artère	60	immédiatement après
»	Veine fémorale	60	
»	Veine splénique	60	
Mme R., 52 ans, 76^{kg}.	Veine superf. du bras	10	avant saignée de 200^{cm^3}
		40	après saignée de 200^{cm^3}
		50	après nouvelle saignée de 100^{cm^3}

La plupart de nos expériences ont été faites sur le Chien, quelques-unes chez le Chat et nous avons pu constater le phénomène également chez l'Homme. Nos expériences nous ont montré que le fait de l'augmentation du pouvoir histaminasique est certain, mais son interprétation est encore malaisée. La provenance de l'histaminase mise en circulation reste encore à élucider. Notre première hypothèse était que la diastase est libérée par les organes qui en contiennent le plus, c'est-à-dire par le rein, l'intestin et le poumon. Or, nous avons constaté que le sang artériel contient moins d'histaminase que le sang veineux et que les sangs veineux rénal, porte et splénique en renferment moins que celui de la veine fémorale ou jugulaire. Il semble donc que notre hypothèse primitive doit être modifiée.

Quelle que soit l'interprétation théorique de ces faits, nous pensons qu'ils peuvent, dans une certaine mesure, expliquer l'action thérapeutique de la saignée. Le cas où cette action est incontestable est celui de l'œdème aigu du poumon, phénomène attribué par de nombreux auteurs, à la suite de Frugoni ([2]), à une libération locale d'histamine. Nous avons pu constater nous-mêmes une élévation considérable de l'histamine sanguine aussi bien dans les cas cliniques que dans l'œdème pulmonaire expérimental. On peut donc admettre dans ce cas, et peut-être dans d'autres, que la saignée agit grâce à l'augmentation du pouvoir histaminasique.

MÉCANIQUE BIOLOGIQUE. — *Les lois fondamentales de l'hémodynamique.* Note ([1]) de M. **Hermann Müntz**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. C'est Euler qui, le 21 décembre 1775, a formulé le premier système d'équations pour les lois de la circulation du sang (*Opera posthuma* II, Petropoli, 1862, p. 814-823 : *Principia pro motu sanguinis per arterias determinando*). Sous une forme légèrement modifiée, ce système peut s'écrire

(I) $\mathfrak{S}_t = -\mathfrak{J}_x$ (équation de continuité);

(II) $\mathfrak{J} = \mathfrak{S} u$ (équation d'homogénéité);

(III) $u_t = -u u_x - \mathrm{P}_x$ (équation de mouvement);

(IV) $\mathfrak{S} = \alpha(x)\beta(\mathrm{P})$ (équation d'élasticité).

([2]) *Minerva Medica*, 2, 1930, p. 794.

([1]) Séance du 13 février 1939.

Ici $\mathfrak{S}$ désigne l'aire de la section du vaisseau au lieu x, $\mathfrak{J}$ l'intensité du courant, u la vitesse, P la pression et t le temps, tandis que les indices se rapportent aux dérivées partielles correspondantes; α et β sont des fonctions données; la densité du liquide est supposée $= 1$. Euler suppose encore $\beta(\infty) = 1$; mais on peut se débarrasser aisément de cette restriction.

2. Comme on le voit, Euler ne regarde qu'une seule dimension x de l'espace. Puis il néglige non seulement les courbures, le frottement, la viscosité et la compressibilité, mais aussi l'action translatoire, provenant de l'élasticité des parois et signalée déjà par St. Hales (*Hemastatics*, London, 1733). Depuis lors, Th. Young a éclairci de plus près le rôle important de ce champ translatoire additif [*Hydraulic investigations ... on the motion of the blood* (*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1808, II, p. 164-186); *On the functions of the heart and arteries* (*ibid.*, 1809, I, p. 1-31), et E. H. Weber a ajouté *Über die Anwendung der Wellenlehere auf die Lehre vom Kreislauf des Blutes*, 1850; voir *Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften*, n° 6, Leipzig, 1889], en se basant sur l'expérience, la constatation, sans doute seulement approximative, que l'énergie de ce champ s'échange entre les parois et le liquide purement par les sections $\mathfrak{S}$, indépendantes en ce point les unes des autres.

3. Les auteurs nommés en 2 n'ont pas donné une analyse quantitative de leurs résultats. Introduisons le potentiel du champ élastique $-$E; soit de plus $\mathcal{E}$ la densité longitudinale de l'énergie, transmise par le liquide aux parois. En nous bornant de nouveau à une seule dimension x de l'espace, nous aurons maintenant une équation d'homogénéité énergétique, analogue à (II),

$$(\mathrm{II}_e) \qquad \mathcal{E} = \mathfrak{S}\mathrm{E};$$

puis une équation de continuité énergétique, analogue à (I),

$$(\mathrm{I}_e) \qquad \mathcal{E}_t = -\left[\left(\mathrm{P} + \frac{u^2}{2}\right)\mathfrak{J}\right]_x;$$

enfin une équation hydrodynamique, généralisant (III),

$$(\mathrm{III}_e) \qquad u_t = -uu_x - \mathrm{P}_x + \mathrm{E}_x.$$

4. Pour les grandes artères (et les veines) les équations (I), (II), (II_e), (I_e), (III_e) et (IV) constituent un système complet, généralisant d'une manière bien plus conforme à la réalité (voir les auteurs cités), le système initial d'Euler. L'équation (IV), ne contenant ni $\mathfrak{S}_x$ ni P_x, suppose d'ailleurs

que les propriétés élastiques des parois se manifestent dans chaque section $\mathfrak{S}$ elle-même, indépendamment aussi des sections voisines. Mais il faut dire que cette équation (IV) est, même dans les conditions d'une telle hypothèse, trop spéciale, et qu'on doit se servir d'une équation plus générale, basée sur l'expérience

$$(\mathrm{IV}_a) \qquad \mathfrak{S} = \varphi(x, \mathrm{P}).$$

Dans les vaisseaux capillaires, il serait pourtant difficile de se servir des propriétés élastiques, à cause des dimensions trop petites des S. On y peut, par contre, s'appuyer sur la résistance locale ω, définie par

$$(\mathrm{IV}_b) \qquad -\rho_x = \omega \mathfrak{J}, \qquad \omega = \omega(x, \rho),$$

équations préférables aussi pour les artérioles (et les veinules).

Il n'est pas difficile de généraliser les équations données pour les cas de trois dimensions (x, y, z), ou bien d'y tenir compte des ramifications, de sources possibles (osmose et sécrétion), des réactions thermiques etc.

5. Le problème *direct* de l'hémodynamique consisterait dans l'intégration du système complet donné, tant que les fonctions individuelles φ, ω et les conditions (mixtes) aux limites dans l'espace-temps pourront être regardées comme connues : inutile de dire qu'il ne s'agit alors que d'intégrales approximatives, pouvant plus ou moins satisfaire à la théorie et aux besoins de la pratique. Celle-ci d'ailleurs opère aujourd'hui, d'après une littérature récente très nombreuse, presque sans exceptions sur des équations différentielles ordinaires (en t), basées sur des considérations hydrauliques bien douteuses; on ne prend que l'équation (I) sous une forme intégrale et l'on suppose de plus, même d'une façon contradictoire, divers modules d'élasticité constants, ainsi que la vitesse des ondes pulsatoires et la résistance ω. Mais on parvient ainsi souvent à des résultats numériques trop éloignés de la vérité.

6. Le problème *inverse* de l'hémodynamique consiste, par contre, dans la détermination, plus ou moins effective, des fonctions φ et ω, supposées inconnues, en utilisant chaque fois les diagrammes nombreux que l'on peut obtenir dans cette discipline par les appareils modernes.

Le système complet, donné plus haut, peut servir dans ce but de base suffisante, au moins comme point de départ.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Constante de sédimentation et poids moléculaire de la réagine syphilitique.* Note (1) de Mlle **Valérie Deutsch**, présentée par M. Maurice Javillier.

Une méthode de détermination de la constante de sédimentation dans une ultracentrifugeuse sans système d'observation a été élaborée par Paić (2). Cet auteur a pu calculer, par une relation simple, la constante de sédimentation de l'hémolysine spécifique de lapin (3) et son poids moléculaire (4). Je me suis servie de la même relation pour trouver les caractéristiques correspondantes de la réagine syphilitique.

Dans l'équation de Paić $s_0 = s'_0 (t'/t) \varphi$, s_0 est la constante de sédimentation du corps à déterminer; s'_0, la constante de sédimentation connue d'un des composants du sérum, globuline ou albumine; t et t', les temps de centrifugation, pour lesquels $c_t/c_0 = c'_t/c'_0$ et φ un facteur, qui, pour les protéides, s'approche de l'unité. Il est donc nécessaire de connaître la diminution de la concentration relative c_t/c_0 de la réagine syphilitique et celle c'_t/c'_0 d'un des composants du sérum.

Le dosage relatif de la réagine syphilitique nécessitant des quantités assez grandes de sérum, plusieurs sérums syphilitiques ont été mélangés. Ces mélanges sont centrifugés à la même vitesse (champ centrifuge : $157\,000 \times g$) pendant des temps allant de 5 à 120 minutes, dans une coupelle conique en platine, dont le fond a été garni de quatre bandes de 3×133^{mm} de papier-filtre sans cendres. Pour un temps de centrifugation donné, il était nécessaire de faire plusieurs centrifugations et de réunir les liquides surnageants. Chaque fois 1^{cm^3} a été centrifugé. Pour trouver la diminution de réagine syphilitique après ultracentrifugation, j'ai employé la méthode de dosage relatif que j'ai décrite récemment (5). Il est indispensable de tenir compte de la densité optique du contrôle obtenu par le remplacement de l'antigène par l'eau alcoolisée, car le sérum centrifugé, tout en perdant plus

(1) Séance du 13 février 1939.

(2) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 629.

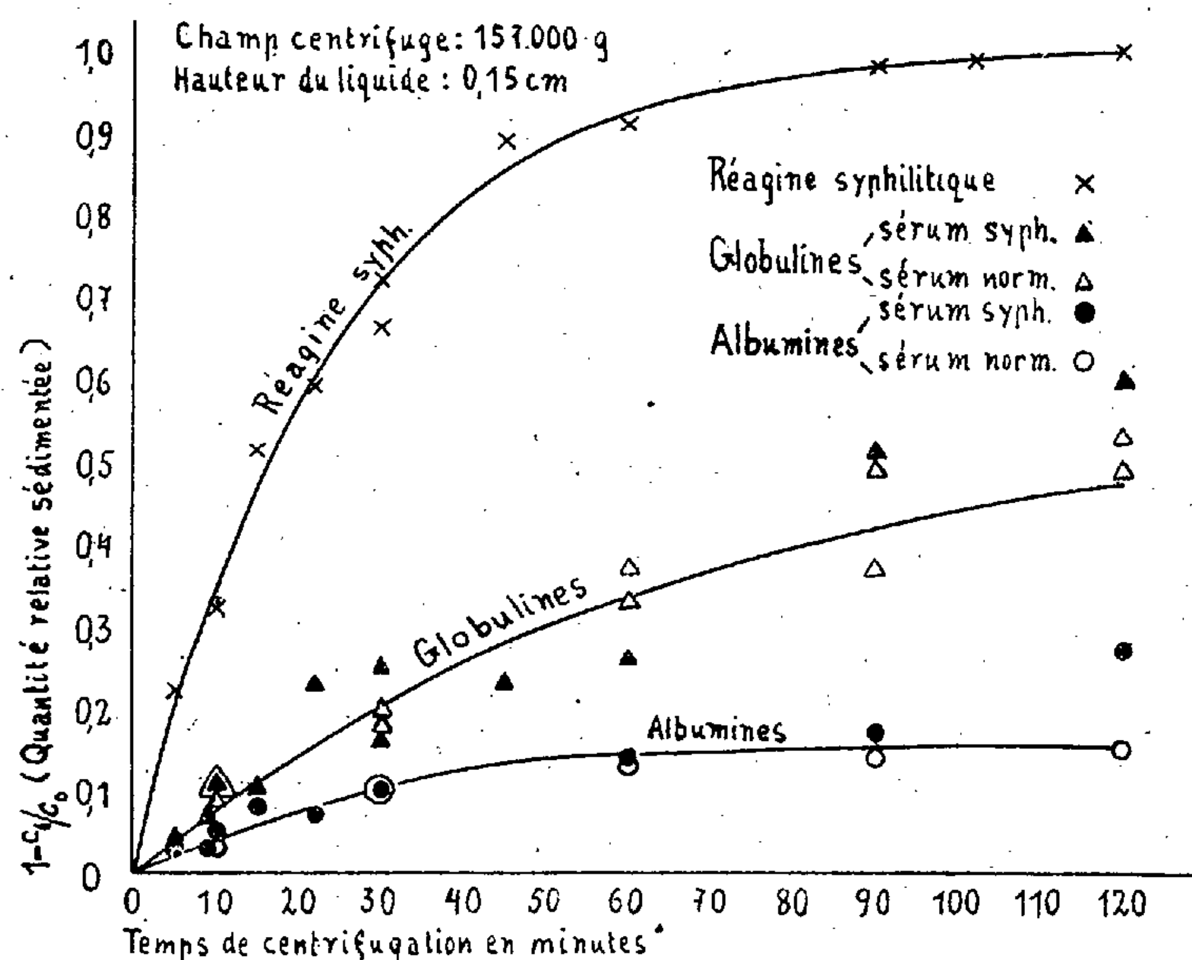
(3) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1074.

(4) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 21, 1939 (à l'impression).

(5) *C. R. Soc. Biol.*, 129, 1938, p. 1109; *ibid.*, 130, 1939, p. 58.

ou moins de réagine syphilitique, conserve pratiquement sa coloration. Les globulines ont été dosées opacimétriquement, les albumines [taux voisin de celui des protéides totaux (6)] réfractométriquement.

La figure représente la courbe de sédimentation de la réagine syphilitique et les courbes de sédimentation des globulines et des albumines des



sérums syphilitiques et normaux. On constate : 1° que la réagine syphilitique sédimente beaucoup plus vite que les globulines ou les albumines; 2° que les globulines et les albumines des sérums syphilitiques sédimentent comme ceux des sérums normaux. Ceci n'est pas étonnant, car l'étude des sérums syphilitiques et normaux a montré l'identité de leurs protéides (7). La sédimentation prouve donc, une fois de plus, qu'au point de vue chimiophysique, les protéides du sérum syphilitique se comportent comme ceux du sérum normal.

Le tableau ci-contre résume les résultats obtenus pour t'/t dans des temps de centrifugation compris entre 0 et 40 minutes.

---

(6) A. S. Mc Farlane, *Biochem. J.*, 29, 1935, p. 407, 660 et 1175.

(7) M. Paić, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 286; *ibid.*, 199, 1934, p. 382; M. Paić et V. Deutsch, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 978; M. Paić et V. Deutsch, *C. R. Soc. Biol.*, 118, 1935, p. 119.

$1-c_t/c_0$.	$t_{\text{réag. syph.}}$	$t_{\text{glob.}}$	$t_{\text{alb.}}$	$t_{\text{glob.}}/t_{\text{réag. syph.}}$	$t_{\text{alb.}}/t_{\text{réag. syph.}}$
0,05	1,5	7,0	13,0	4,7	8,7
0,07	2,2	10,0	19,0	4,5	8,6
0,10	3,0	13,5	28,0	4,5	9,3
0,15	4,5	21,0	–	4,7	–
0,20	6,0	29,0	–	4,8	–
0,25	8,0	38,5	–	4,8	–

La moyenne de t'/t par rapport aux globulines est 4,67, par rapport aux albumines 8,87. La constante de sédimentation des globulines étant $7,1.10^{-13}$, celle des albumines $4,5.10^{-13}$, la constante de sédimentation de la réagine syphilitique sera donc $33,16.10^{-13}$ et $39,8.10^{-13}$, en moyenne $36,48.10^{-13}$.

Connaissant la constante de sédimentation de la réagine syphilitique et en supposant que sa molécule soit sphérique et que son volume spécifique soit celui de la globuline, il est facile de calculer son poids moléculaire. Celui-ci serait alors 1131000, valeur minimum, devant augmenter dans le cas où la molécule ne serait pas sphérique.

Résumé. — 1° L'ultracentrifugation a montré que la réagine syphilitique se différencie nettement des globulines et des albumines sériques. Sa constante de sédimentation $s_0 = 36,48.10^{-13}$ et son poids moléculaire $M = 1131000$ sont de beaucoup supérieurs aux constantes correspondantes des globulines ou des albumines.

2° La vitesse de sédimentation des globulines et des albumines des sérums syphilitiques ne se distingue pas de celle des sérums normaux.

BACTÉRIOLOGIE. — *Action du rayonnement radioactif sur les microbes.* Note (1) de MM. **Serge Metalnikov**, **Alexis Yakimach** et **Oleg Yadoff**, présentée par M. Louis Martin.

L'action de différents rayonnements radioactifs a été étudiée par de nombreux expérimentateurs, non seulement sur les microbes, mais aussi sur les plantes, les insectes et les animaux supérieurs.

Quant aux microbes, on a beaucoup étudié surtout la faculté microbicide des rayons radioactifs (A. Lacassagne et A. Paulin, *C. R. Soc. Biol.*, 92, p. 61 et 333; Holweck, *ibid.*, 104, 1930).

(1) Séance du 13 février 1939.

Nous nous sommes proposé d'étudier l'action des rayonnements radioactifs sur la structure des microbes et sur les fonctions physiologiques et pathogènes.

Nous avons fait de nombreuses expériences sur différents microbes, sarcines, bacilles tuberculeux, bacilles typhiques, vibrions cholériques et quelques autres microbes.

Comme point de départ nous avons commencé nos recherches sur les sarcines que nous avons isolées des insectes malades. Ces sarcines sont plus grandes que les sarcines ordinaires et d'une couleur jaune. La technique de nos expériences est très simple.

Nous avons utilisé du radon en tubes capillaires en verre, que nous introduisons dans des tubes à essai avec un bouillon ensemencé par des microbes. Nous donnons ci-dessous la description d'une de nos expériences.

Nous introduisons des doses croissantes du radon dans six tubes à essai, ensemencé par des sarcines. Dans le tube à essai n° 1 nous introduisons 3 mc.; dans le tube n° 2, 5 mc.; dans le tube n° 3, 20 mc.; dans le tube n° 4, 60 mc., les tubes n°s 5 et 6 servent de témoins. Nous plaçons tous ces tubes dans une étuve à 35-37°.

Après 2, 4, 10 jours nous étudions les résultats sur les frottis, colorés à la fuchsine et autres colorants.

Tandis que, dans les tubes n°s 1, 2 et 3, qui contiennent des doses croissantes du radon, l'émulsion des microbes devient de plus en plus dense que dans les tubes témoins, dans le tube n° 4, qui contient une forte dose de radon, la multiplication des microbes est très insignifiante. Nous en pouvons conclure que les doses faibles de radon stimulent la multiplication des microbes alors que les doses fortes l'atténuent et même tuent la culture.

L'action du rayonnement radioactif s'exerce non seulement sur la multiplication des microbes, mais aussi sur leur structure.

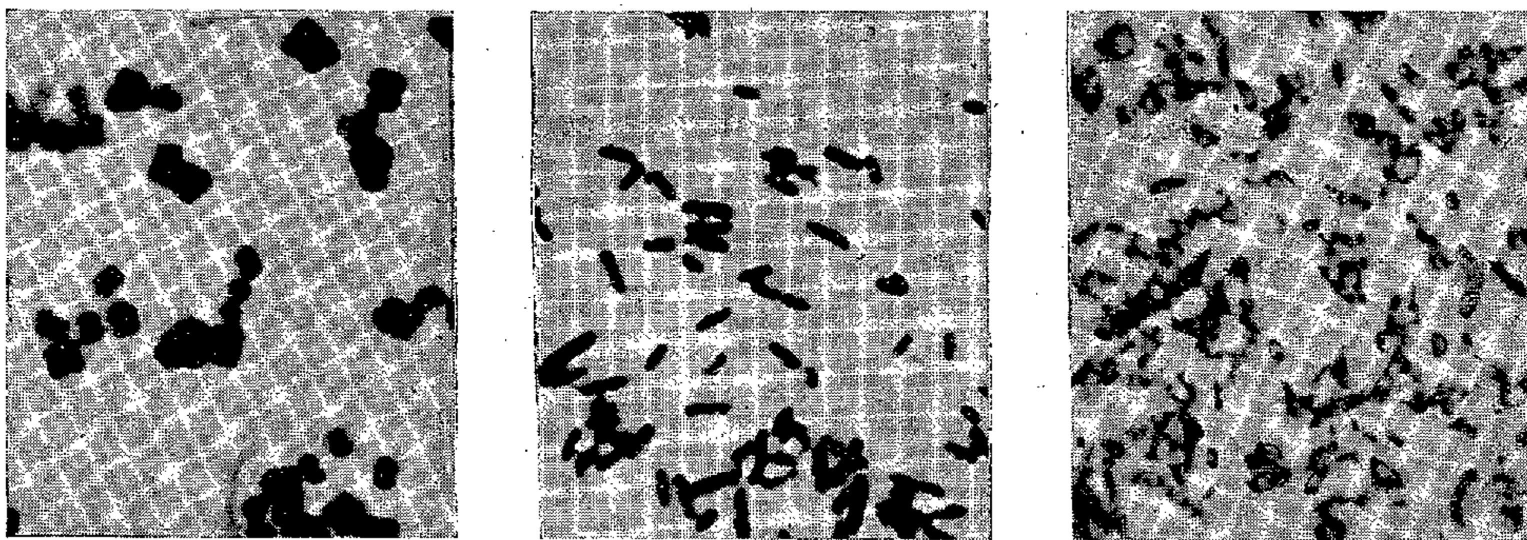
Nous donnons ci-contre des photographies de sarcines normales et de sarcines ayant subi l'action du rayonnement du radon. Ces photographies démontrent clairement les grands changements réalisés par cette action sur leur stucture (*fig.* 1).

A côté des sarcines normales, nous avons trouvé sur nos préparations microscopiques des microcoques et d'innombrables bâtonnets de différentes structures et dimensions.

Parmi les bâtonnets il y a tous les stades intermédiaires entre les

bâtonnets très petits qui ressemblent aux bâtonnets de la dysenterie et du choléra, et des microbes très grands qui ressemblent aux bacilles sporogènes.

A côté de ces microbes, nous avons trouvé, dans les milieux qui ont été



a. *b.* *c,*

a, Sarcines normales; *b,* après l'action des petites doses des rayons radioactifs; *c,* après l'action des fortes doses.

soumis à une forte action radioactive, des formations très intéressantes. Elles se présentent soit sous forme de gros bâtonnets avec deux ou trois vacuoles transparentes, soit sous forme de flèches, soit sous forme de boules allongées avec des points colorables aux pôles.

Tous nos essais d'isolement en culture pure ont été vains. En les réensemençant sur le bouillon, nous avons pu constater qu'ils reviennent aux sarcines normales.

Cependant, en agissant avec des doses plus fortes de radon, nous avons pu isoler par la dissociation microbienne plusieurs mutations plus stables.

C'est ainsi que nous avons obtenu quatre races nouvelles de sarcines qu'on ne trouve pas dans la nature : races rose, blanche, crème et jaune, qui diffèrent non seulement par la couleur, mais aussi par la structure des éléments.

Nous savons bien que l'action des rayonnements radioactifs provoque chez les plantes, les insectes et beaucoup d'autres organismes, des troubles très profonds qui amènent à la production des mutations et des races nouvelles.

Tout récemment, nous avons eu connaissance des travaux de M. Nadson [2], qui a étudié l'action des rayons radioactifs sur les levures et les champignons. Il a démontré que ces rayons accélèrent la vie des microorganismes et provoquent l'apparition des mutations et même des races nouvelles.

A $15^h 40^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $17^h 15^m$.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 6 février 1939.)

Note de M. *Henri Cartan*, Sur les inégalités entre les maxima des dérivées successives d'une fonction :

Page 414, ligne 11, *au lieu de* $V(x)$, *lire* $V(x_0)$; formule (1), *au lieu de* $\overline{\lim}\left(\frac{A_n}{n!}\right)^{\frac{1}{n}}$, *lire* $\underline{\lim}\left(\frac{A_n}{n!}\right)^{\frac{1}{n}}$.

---

(2) G. Nadson et Philippov, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1567; *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1875.

Collection des Publications du Ministère de l'Air

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES DU MINISTÈRE DE L'AIR

Fascicules In-8 (27×18,5) se vendant séparément :

1. **ROY (Maurice). — Recherches théoriques sur le rendement et les conditions de réalisation des systèmes motopropulseurs à réaction.** Préface de M. JOUGUET. In-8 de 214 p., avec 53 fig.; 1930. **30 fr.**

2. **GAY (A.). — Recherches sur l'hydrodynamique des liquides visqueux.** Préface de M. Henri VILLAT. In-8 de VI-126 pages; 1931 .... **25 fr.**

3. **ALAYRAC. — Étude des écoulements irrotationnels dans l'espace.** In-8 de IV-47 p., avec fig.; 1931. **20 fr.**

4. **GIRAULT (Maurice). — Méthode géométrique de tracés de profils d'ailes et de corps fuselés. — Essai sur la viscosité en Mécanique des fluides.** In-8 de 34 pages, avec figures et 7 planches; 1931... **25 fr.**

5. **REBUFFET. — Soufflerie aérodynamique à dynamomètres électrométriques du Service des recherches de l'Aéronautique.** Avec préface de A. ALAYRAC. In-8 de 126 p., avec 82 fig. et planches; 1932. **30 fr.**

6. **FROMY. — Déviations radiogoniométriques à bord d'avion.** In-8 de 46 pages, avec 12 figures; 1932. **20 fr.**

7. **GODCHOT et CAUQUIL. — Contribution à l'étude physico-chimique des carbures cyclamiques,** 42 p.

   CARRIÈRE et LAUTIÉ. — Recherches des constituants des essences d'aviation par mesure de densités ou d'indices de réfraction ou de viscosités, 12 pages.

   SCHMITT. — Étude comparative des colonnes à distiller en vue de la séparation des carbures d'hydrogène, 14 pages.

   Les trois Mémoires ensemble, formant un in-8 de 78 pages; 1932 .... **25 fr.**

8. **CARAFOLI (Élie). — Recherches expérimentales sur les ailes monoplanes, exécutées à l'Institut aérotechnique de Saint-Cyr.** Préface de M. TOUSSAINT. In-8 de 108 pages, avec 1 planche et 38 figures; 1932 .... **25 fr.**

9. **MAGNAN (A.) et SAINTE-LAGÜE (A.). — Études des trajectoires et des qualités aérodynamiques d'un avion par l'emploi d'un appareil cinématique de bord.** In-8 de 104 pages, avec 72 figures et planches; 1932 .... **25 fr.**

10. **TREMBLOT. — Applications des méthodes interférentielles à l'étude de l'écoulement des gaz aux grandes vitesses.** In-8 de 78 pages, avec 30 figures et 3 planches .... **20 fr.**

11. **DUCHÊNE (R.). — Étude de la combustion des mélanges gazeux.** In-8 de 70 pages, 31 figures et 8 planches .... **20 fr.**

12. **MAGNAN (A.) et SAINTE-LAGÜE (A.). — Sur la distribution des vitesses aérodynamiques autour d'un avion en vol.** In-8 de 62 pages, avec 51 figures. **20 fr.**

13. **ALAYRAC (A.). — Étude des écoulements irrotationnels dans l'espace à trois dimensions (suite de la publication n° 3).** In-8 de 92 pages, avec 16 figures. **25 fr.**

14. **DAMIAN (J.). — Méthode d'appréciation des lubrifiants.** In-8 de 28 pages, avec 5 figures et 1 planche. **9 fr.**

15. **LEDOUX (Cdt Ch.). — Étude de la déformation des hélices.** In-8 de 128 pages, avec 54 figures; 1932. **30 fr.**

16. **PONCIN (H.). — Recherches sur le mouvement d'un fluide pesant dans un plan vertical.** In-8 de 108 pages, avec 16 figures; 1932.............. **25 fr.**

17. **CHAMPSAUR (N.). — Étude sur la transmission de la chaleur à l'eau de refroidissement dans un moteur d'aviation. Application à la comparaison des carburants. Mesures de la détonation.** In-8 de 108 pages avec figures et graphiques; 1932... **30 fr.**

18. **PONCIN (H.). — Sur les cavitations de forme permanente.** Préface de M. Henri VILLAT. In-8 de 126 pages, avec 15 figures; 1932....................... **25 fr.**

19. **HERZOG. — Sur l'oxydation électrochimique de la protection du fer et des duralumins dans les solutions salines aérées.** Préface de M. Georges CHAUDRON. In-8 de 88 pages, avec 18 figures et 6 planches; 1933.................................. **25 fr.**

20. **BASTIEN. — Études des alliages magnésium-aluminium-cuivre riches en magnésium.** Préface de M. Léon GUILLET. — **Contribution à l'étude des propriétés de fonderie des métaux et alliages.** Préface de M. Albert PORTEVIN. In-8 de 144 pages, avec 170 figures dont un diagramme; 1933..... **30 fr.**

21. **ANDANT (A.). — Application de l'effet Raman et de l'absorption ultraviolette à l'identification des carbures d'hydrogène.** Préface de M. A. COTTON. In-8 de X-76 pages, avec 71 figures; 1933..... **25 fr.**

22. **SADRON. — État actuel des recherches expérimentales sur les anneaux de tourbillons dans les gaz. Contribution à l'étude expérimentale des phénomènes aérodynamiques aux faibles vitesses.** In-8 de 52 pages, avec 19 figures; 1933............ **20 fr.**

23. **AUBERT (Jean). — Contribution à l'étude de la corrosion du fer. Potentiels du fer et des constituants de l'acier dans les divers milieux : passivité, activité.** Préface de M. A. TRAVERS. In-8 de 68 pages, avec 11 figures; 1933....................... **20 fr.**

24. **LAFAY (A.). — Prévision de l'action du vent dont la direction varie rapidement. Applications à l'effet Katzmayr et à l'autorotation. Obtention des aérogrammes par réfringence. Modification du sillage des corps,** première Partie. In-8 de 50 pages, avec 9 figures; 1933............................ **20 fr.**

25. **NOGUES (P.). — Recherches expérimentales de Marey sur le mouvement dans l'air et dans l'eau.** In-8 de 120 pages, avec 14 figures; 1933........ **30 fr.**

26. **BOUASSE.** — **Tourbillons donnés par les jets de très petites vitesses (Currentilignes).** In-8 de 102 p., avec 45 figures; 1933 .... 25 fr.

27. **BOURDIOL.** — **Contribution à l'étude de la viscosité et de la congélation des huiles.** Préface de M. AUBERT. In-8 de 128 pages, avec 33 figures; 1933. 25 fr.

28. **HARDOUIN (Maurice).** — **Étude des flux d'épuration et de protection du magnésium et de ses alliages pendant leur fusion dans les creusets et leur coulée dans les moules.** Préface de M. R. DE FLEURY. In-8 de 56 pages, avec 18 figures, 14 planches et 6 tableaux; 1933 .... 20 fr.

29. **VASILESCO (Florin).** — **Sur le calcul du potentiel des vitesses en hydrodynamique.** In-8 de 36 pages; 1933 .... 15 fr.

30. **ROUSSILHE (H.).** — **Annales de la photographie aérienne (1931-1932).** Tome I. In-8 de 134 pages, avec 3 planches; 1933 .... 25 fr.

31. **CHAMPSAUR (N.).** — **Mesure de l'étanchéité intérieure des moteurs à explosion. Étude du gommage.** Préface de M. MARTINOT-LAGARDE. In-8 de 70 pages, avec 12 figures et 1 planche; 1933... 25 fr.

32. **CAILLON (André).** — **La fonderie du magnésium.** Préface de M. R. DE FLEURY. In-8 de 150 pages, avec 70 figures; 1933 .... 30 fr.

33. **BOUHET (Ch.) et LAFONT (R.).** — **Recherches sur l'étalement de l'huile de ricin et de diverses glycérines à la surface de l'eau.** In-8 de 52 pages, avec 31 figures; 1933 .... 18 fr.

34. **LECOMTE (Jean) et LAMBERT (Pierre).** — **Quelques applications des spectres d'absorption infrarouges à l'étude des constituants des essences (carbures à noyaux).** Préface de M. A. COTTON. In-8 de 142 pages, avec 87 figures et 1 tableau; 1933. 30 fr.

35. **DURAND (Georges).** — **Sur les petits mouvements d'un système infini de tourbillons autour d'une position d'équilibre.** In-8 de 26 pages; 1933... 15 fr.

36. **VERNOTTE (P.) et BLOUIN (E.).** — **Expériences sur le refroidissement d'un corps chaud par un courant d'air.** Préface de Ch. FABRY. In-8 de 90 pages, avec 6 figures, 3 graphiques et 4 planches; 1933. 25 fr.

37. **MONNIN (Marcel).** — **Les assemblages de bois.** Tome I. In-8 de 112 pages, avec 42 figures et 3 planches en dépliant; 1933 .... 25 fr.

38. **BOUTRY (G.-A.).** — **Mesure des densités photographiques par la méthode photoélectrique.** Préface de M. P. FLEURY. In-8 de 148 pages, avec 52 figures; 1934 .... 25 fr.

39. **CAZAUD.** — **Recherches sur la fatigue des aciers.** Préface de M. A. CAQUOT. In-8 de 166 pages, avec 101 figures et 5 tableaux; 1934 .... 30 fr.

40. **ROY (Madeleine).** — **Contribution à l'étude du vieillissement de l'huile de ricin.** In-8 de 68 pages, avec 10 figures; 1934 .... 18 fr.

41. **REBUFFET.** — **Moments aérodynamiques de différents gouvernes.** In-8 de 130 pages, avec 91 figures; 1934 .... 25 fr.

42. **GIGNEAUX (M.).** — **Recherches sur le capotage des moteurs en étoile à refroidissement par l'air.** In-8 de 56 pages, avec 34 figures; 1934 .... 20 fr.

43. **CARRIÈRE (E.).** — **Recherches sur les constituants des « Pétroles » et des « Gasoils ». Essai d'établissement d'une méthode d'analyse quantitative.** In-8 de 38 pages, avec 4 courbes; 1934 .... 15 fr.

44. **FOURNIER (H.).** — **Étude sur les essais d'emboutissage des métaux.** In-8 de 70 pages dont 41 tableaux et 12 planches; 1934 .... 20 fr.

45. **PARIS (René).** — **Contribution à l'étude des alliages ternaires.** In-8 de 94 pages, avec 59 figures, 26 tableaux et 8 planches; 1934 .... 25 fr.

46. **BRIAULT (Madeleine).** — **Contribution à l'étude du graissage.** In-8 de 38 pages, avec 6 figures et 15 courbes; 1934 .... 12 fr.

47. **LE ROLLAND (Paul) et SORIN (Pierre).** — **Étude d'une méthode utilisant le couplage pour la détermination de la résistance mécanique des constructions.** In-8 de 184 pages, avec 49 figures; 1934. 30 fr.

48. **ROULLEAU (Maurice).** — **Utilisation des substances phosphorescentes en aéronautique.** In-8 de 54 pages, avec 18 figures; 1934 .... 15 fr.

49. **ESTRADÈRE (Suzanne).** — **Recherches sur l'oxydation des carbures d'hydrogène et ses rapports avec la détonation des moteurs.** In-8 de 86 pages, avec 34 figures; 1934 .... 18 fr.

50. **SCHÉRER (Maurice).** — **Sur des propriétés magnéto-optiques des liquides. Application à l'analyse des carbures d'hydrogène.** In-8 de 102 pages, avec 24 figures; 1934 .... 20 fr.

51. **BOUHET et LAMARCHE.** — **Recherches sur l'étalement des composants de l'huile de ricin.** In-8 de 46 pages, avec 30 figures; 1934 .... 18 fr.

52. **LEPRINCE-RINGUET (L.).** — **Étude et contrôle des huiles de graissage par la mesure des tensions interfaciales huile-eau.** In-8 de 34 pages; 1934. 9 fr.

53. **GIRERD (H.).** - **Contribution à l'étude expérimentale du biplan d'envergure infinie,** première Partie. In-8 de 140 pages, avec 3 figures et 6 planches; 1934. 25 fr.

53 *bis*. Deuxième Partie. Album de planches. In-8 de 8 pages avec LXXV planches; 1934 .... 25 fr.

54. **SCHMITT (Max).** — **Recherches sur la vaporisation des carbures d'hydrogène et des mélanges de carbures.** In-8 de 148 pages, avec 12 figures; 1934. 20 fr.

55. **LUNTZ (M.).** — **Recherches sur la résistance des fluides dans un mouvement non permanent. Méthode des profils virtuels.** In-8 de 68 pages, avec 16 figures; 1934 .... 15 fr.

56. **PORTES.** — **Contribution à l'étude expérimentale des interactions d'une sonde et d'un corps de révolution.** In-8 de 110 pages, avec 57 figures; 1934. 18 fr.

57. **MALAVARD.** — **Application des analogies électriques à la solution de quelques problèmes de l'hydrodynamique.** In-8 de 82 pages, avec 37 figures et XI graphiques; 1934 .... 15 fr.

58. **OGÉE.** — **Recherches sur la résistance et la fatigue des aciers au carbone.** In-8 de 78 pages, avec 35 figures et 12 reproductions mécanographiques; 1934.. 15 fr.

59. **LEMAINS.** — **Recherches sur l'écoulement et les pertes de charge à travers les grilles et les filtres à mailles.** In-8 de 60 pages, avec 39 figures; 1934. 12 fr.

60. **WORONETZ.** — **Perturbations provoquées dans le mouvement d'un fluide par des variations de la température.** In-8 de 58 pages, avec 9 figures; 1934. 15 fr.

61. **CHARRIOU.** — **Étude de la sensibilisation chromatique et de la désensibilisation des émulsions photographiques.** In-8 de 240 pages, avec 73 fig.; 1935. 25 fr.

62. **DURAND et LAÏ-WAÏ-HSUN.** — **Étude de l'oxydation par l'anhydride permanganique des hydrocarbures purs existant dans les essences et autres carburants.** In-8 de 46 pages, avec 5 fig.; 1935. 10 fr.

63. **BRUN.** — **Phénomènes thermiques provoqués par le déplacement relatif d'un solide dans un fluide.** In-8 de 94 pages, avec 38 figures; 1935 .... 18 fr.

64. **GOLDOWSKI.** — **Contribution à l'étude de la corrosion.** In-8 de 154 pages, avec 77 figures; 1935. 20 fr.

65. **SADRON (Ch.).** — **Turbulence et frottement turbulent. Théorie de Karman.** In-8 de 74 pages avec 21 figures; 1935 .... 15 fr.

MAMAN (André). — **Contribution à l'étude des hexanes et de quelques carbures d'hydrogène.** In-8 de 64 pages avec 11 figures et tableaux; 1935. **12 fr.**

BOUASSE (H.). — **Phénomènes dans les fluides tournants.** In-8 de 234 pages avec 98 fig.; 1935. **25 fr.**

SANTON (Lucien). — **Contribution expérimentale à l'étude des souffleries supersoniques.** In-8 de 96 pages avec 49 figures; 1935........................ **18 fr.**

DONCESCU. — **Détermination des températures de gaz pendant la détente dans les moteurs à explosion.** In-8 de 72 pages avec figures; 1935........... **12 fr.**

ELCHARDUS (Émile). — **Recherches sur l'analyse thermique des alliages ternaires. Application aux alliages magnésium, silicium, zinc, riches en magnésium.** In-8 de 140 pages avec 129 figures; 1935. **20 fr.**

LUNTZ (M.) et **SCHWARZ.** — **L'hydrodynamique du cylindre tournant.** In-8 de 42 pages avec 40 figures et 16 photographies; 1935.......... **12 fr.**

PORTIER (Henri). — **Les transpositions de matériaux en construction.** In-8 de 166 pages avec 74 figures; 1935........................... **20 fr.**

VALENSI (Jacques). — **Étude de l'écoulement de l'air autour d'une hélice.** In-8 de 258 pages avec 186 figures; 1935.......................... **25 fr.**

ALAYRAC (A.). — **Études des écoulements irrotationnels dans l'espace à trois dimensions** (suite des n°s 3 et 13). In-8 de 124 pages; 1935.......... **20 fr.**

DE FLEURY (R.). — **Le magnésium dans les constructions aéronautiques.** In-8 de 120 pages, avec 61 figures; 1935............................ **20 fr.**

DUCHÊNE (Émile). — **Étude expérimentale sur la stabilité transversale des avions.** In-8 de 102 pages, avec 34 figures; 1935...................... **18 fr.**

SERRUYS (M.) et **TCHANG TE LOU.** — **Influence des caractéristiques atmosphériques sur la puissance des moteurs à explosion.** In-8 de 42 pages, avec 19 figures; 1935............................. **10 fr.**

LAURE (Yvon). — **Contribution à l'étude de l'explosion des mélanges hydrocarburés.** In-8 de 74 pages, avec 45 figures; 1935....................... **15 fr.**

LAFAY. — **Balance aérodynamique permettant le tracé continu des polaires. Effets singuliers produits par de très légères modifications de structure du vent. Contribution expérimentale à l'aérodynamique du cylindre et à l'étude du phénomène de Magnus.** In-8 de 56 pages, avec 18 figures; 1935. **15 fr.**

GRANIER (J.). — **Recherches sur les propriétés diélectriques du caoutchouc.** In-8 de 62 pages, avec 25 figures; 1935...................... **12 fr.**

GIRARD (A.). — **Les constituants de la rouille.** In-8 de 80 pages avec 49 figures................. **15 fr.**

COLOMBIER (L.). — **L'état passif des métaux. Étude de la passivité du nickel.** In-8 de 104 pages avec 11 figures; 1936...................... **15 fr.**

DELFOSSE (M.). — **Sur le couple des roulements à billes.** In-8 de 72 pages avec 35 fig.; 1936.. **12 fr.**

NICOLSKY (V.-A.). — **Recherche des contraintes dans les poutres de hauteur variable.** In-8 de 62 pages avec 24 figures; 1936............... **10 fr.**

Mlle L. DOUSSIN et **Fernand FOURNIER.** — **Observations sur le laminage des alliages magnésium-aluminium.** In-8 de 26 pages avec 15 figures et 12 planches; 1936....................... **12 fr.**

NÉNADOVITCH (Miroslav). — **Recherches sur les cellules biplanes rigides d'envergure infinie.** In-8 110 pages avec 65 figures et 146 planches; 1936. **25 fr.**

87. **DEMONTIS** (Jean). — **Recherches sur l'influence de l'angle d'ouverture d'un ajustage divergent, sur l'écoulement à deux dimensions de l'air à travers cet ajustage.** In-8 de 72 pages, avec 35 figures; 1936.............................. **12 fr.**

88. **GRARD** (Jean). — **Enduits cellulosiques pour toiles d'avions.** In-8 de 22 pages, avec 8 figures; 1936. **6 fr.**

89. **BLONDEL** (Robert). — **Étude du système antimoine-étain-zinc et contribution à l'étude des antifrictions à base de zinc.** In-8 de 86 pages, avec 48 figures et 2 planches; 1936.......................... **15 fr.**

90. **CHARRON** (Fernand). — **Électromètre. Plan-sphère à suspension bifilaire.** In-8 de 20 pages, avec 6 figures; 1936................................ **6 fr.**

91. **PROT** et **GOLDOWSKI.** — **Étude de la susceptibilité corrosive des métaux par la méthode coloriscopique et par la méthode des éprouvettes minces.** In-8 de 56 pages, avec 33 figures; 1936....... **12 fr.**

92. **SACKMANN** (Louis). — **L'écoulement des fluides au voisinage des points singuliers des obstacles.** In-8 de 108 pages, avec 53 figures; 1936..... **18 fr.**

93. **HÉRENGUEL** (Jean). — **Sublimation et distillation du magnésium et du calcium.** In-8 de 70 pages, avec 25 figures et 2 planches; 1936.......... **12 fr.**

94. **DUCHÊNE** (P.). — **Étude expérimentale de la combustion dans les moteurs à injections.** In-8 de 22 pages, avec 13 figures; 1936............... **6 fr.**

95 **CRAUSSE** (E.). — **Contribution à l'étude expérimentale de phénomènes transitoires et de phénomènes périodiques se produisant dans les liquides en mouvement.** In-8 de 112 pages, avec 53 figures; 1959................................... **15 fr.**

96. **LABARTHE** (André). — **Nouvelles Méthodes de Mesures Mécaniques.** Préface de M. BÉGHIN In-8 de 276 pages, avec 283 figures; 1936......... **25 fr.**

97. **TCHANG TE LOU.** — **Contribution à l'étude de l'allumage et de la combustion dans les Moteurs à explosion.** In-8 de 136 p., avec 36 fig.; 1936. **18 fr.**

98. **BAUBIAC** (J.). — **Étude expérimentale en régime transitoire du sillage et de la résistance des corps immergés.** In-8 de 100 p., avec 45 fig.; 1936. **15 fr.**

99. **ANDANT** (A.). — **Application de la spectrographie Raman à l'Analyse des essences minérales.** In-8 de 70 pages, avec 27 figures; 1936........... **15 fr.**

100. **SCHWARZ** (P.). — **Recherches sur les tourbillons alternés.** In-8 de 142 p., avec 58 fig.; 1937... **20 fr.**

101. **ESTRADÈRE.** — **Étude thermique de l'Oxydation lente des Carbures d'hydrogène.** In-8 de 66 pages, avec 43 figures; 1937...................... **12 fr.**

102. **ROCARD** et **MORLON.** — **Étude de Silencieux pour Moteurs d'Aviation.** In-8 de 42 pages, avec 16 figures; 1937........................... **10 fr.**

103. **SERRUYS.** — **La Combustion détonante dans les Moteurs à explosion.** In-8 de 232 pages, avec 122 figures; 1937........................ **25 fr.**

104. **LEDOUX.** — **Procédés pratiques de mesures précises de la vitesse de diffusion des gaz à travers les membranes.** In-8 de 68 p., avec 16 fig.; 1937. **15 fr.**

105. **TRICHÉ.** — **Application de l'Analyse spectrographique à l'étude des alliages.** In-8 de 76 pages, avec 29 figures; 1937...................... **12 fr.**

106. **SUPPER.** — **Photoélasticimétrie et apsidométrie.** In-8 de 72 pages, avec 48 figures; 1937...... **12 fr.**

107. **ROULLEAU.** — **Action des basses températures rencontrées en photographie aérienne sur la sensibilité des émulsions.** In-8 de 92 pages, avec 54 figures; 1937......................... **15 fr.**

108. **RIABOUCHINSKY (D.). — Améliorations des qualités aérodynamiques des profils d'aile à grandes vitesses.** In-8 de 138 pages, avec 96 fig., 7 vues stérioscopiques et 7 planches; 1937 .... **20 fr.**

109. **ROSSIGNOL (J.). — Recherches de la forme d'équilibre de deux tourbillons cylindriques.** In-8 de 58 pages; 1937 .... **10 fr.**

110. **VAGNER. — Résistance des sphères en mouvement accéléré dans un fluide.** In-8 de 132 pages, avec 52 fig.; 1937 .... **15 fr.**

111. **A. FORTIER. — Contribution à l'étude de la viscosité de l'air et des gaz.** In-8 de 82 pages, avec 25 figures; 1937 .... **15 fr.**

112. **BRUN (Edmond). — Phénomènes thermiques provoqués par le déplacement relatif d'un solide dans un fluide** (suite de la Publication N° 63). In-8 de 38 pages, avec 15 figures; 1937 .... **10 fr.**

113. **CHARRON (Fernand). — Perfectionnements à l'électromètre bifilaire pour haute tension.** In-8 de 17 pages, avec 5 figures; 1937 .... **6 fr.**

114. **CHARTIER (Charles). — Chronophotogrammétrie plane et stéréoscopique.** In-8 de 192 p., 118 fig., 95 pl. et 18 reproductions photographiques; 1937... **25 fr.**

115. **SERRUYS (Max). — Étude expérimentale de l'allumage par point chaud dans les moteurs à explosion.** In-8 de 52 p., avec 47 fig.; 1937.. **10 fr.**

116. **CHARRIOU (A.) et VALETTE (Suzanne). — Films indéformables pour la photographie aérienne.** In-8 de 110 pages, avec 37 figures; 1937..... **20 fr.**

117. **CAPELLE (Jean). — Étude de la Génération des engrenages par la méthode des roulettes.** In-8 de 138 pages, avec 107 figures; 1938 .... **18 fr.**

118. **RIABOUCHINSKY. — Contribution à l'étude des hélices.** In-8 de 130 pages, avec 110 figures et 16 planches; 1938 .... **25 fr.**

119. **BRUN (E.). — Répartition des températures sur une aile d'avion. Application aux phénomènes de givrage.** In-8 de 54 pages, avec 44 figures; 1938. **12 fr.**

120. **RAVILLY (E.). — Contribution à l'étude de la rupture des fils métalliques soumis à des torsions alternées.** In-8 de 198 pages, avec 95 figures; 1938 .... **30 fr.**

121. **LABAT (J.). — Applications aérodynamiques de la méthode de chronophotogrammétrie plane.** In-8 de 106 pages, avec 33 figures et 27 photographies; 1938 .... **20 fr.**

122. **CHAILLOUX (Mlle). — Le module d'élasticité des alliages légers et sa variation avec la température.** In-8 de 28 pages, avec 7 figures; 1938.... **8 fr.**

123. **SILBER (R.). — Étude de l'adaptation et du fonctionnement de l'ensemble : Planeur-Moteur-Propulseur.** In-8 de v-322 pages, avec 216 figures; 1938 .... **40 fr.**

124. **CHARRIOU (A.) et Mlle S. VALETTE. — Recherches sur la gélatine photographique.** In-8 de 62 pages, avec 20 figures; 1938 .... **12 fr.**

125. **COSTE (H.). — Étude générale sur les segments de moteurs.** In-8 de 102 pages, avec 62 figures; 1938 .... **20 fr.**

126. **SILBER (R.). — Étude expérimentale d'une maquette d'avion complet.** In-8 de 196 pages, avec 157 figures; 1938 .... **28 fr.**

127. **CAMICHEL (C.) et ESCANDE (L.). — Similitude hydrodynamique et technique des modèles réduits.** In-8 de III-368 pages, avec 416 figures; 1938. **50 fr.**

128. **VALENSI (Jacques). — Application de la méthode des filets de fumée à l'étude des champs aérodynamiques (maquettes d'avions, ailes d'avions).** **30 fr.**

129. **GRARD (Jean). — Vieillissement artificiel et naturel des enduits acétocellulosiques pour toiles d'avions.** **12 fr.**

130. **CAILLON (André). — La fusion industrielle du magnésium et ses moulages en sable.....** **30 fr.**

131. **CHARRON (Fernand). — Recherches sur un procédé de détermination de l'onctuosité des lubrifiants** .... **10 fr.**

132. **PESCHARD (Marcel). — Mémoire sur l'énergie d'activation des hydrocarbures et l'indice d'octane.** **12 fr.**

133. **HABREKORN (R.). — Étude sur la mesure de la souplesse des vernis pour métaux........** **12 fr.**

N. B. — Les publications du Ministère de l'Air ne sont fournies qu'en compte ferme. Aucun retour ne pourra être accepté.

Collection des Publications du Ministère de l'Air (*suite*)

BULLETINS TECHNIQUES DU MINISTÈRE DE L'AIR

Fascicules in-4 (31×21) se vendant séparément :

ALAYRAC (le Commandant). — L'atmosphère Standard du Service technique.......... 12 fr.

ROBERT (le Lieutenant-Colonel). — Aérodynamique. Recherches expérimentales (Fascicule I : *Profils d'ailes*)........................... (*Epuisé.*)

GRARD (le Colonel). — L'unification et les produits Standards dans la mobilisation industrielle de l'Aéronautique........................... 15 fr.

RIABOUCHINSKY (D.). — Aperçus théoriques sur la Mécanique des fluides.................. 25 fr.

ROBERT. — Aérodynamique. Recherches expérimentales (Fascicule III : *Profils d'ailes. Maquettes d'avions et hydravions*)....................... 25 fr.

ALAYRAC (le Lieutenant-Colonel). — Étude théorique du vol plané dans une atmosphère en mouvement.................................. 20 fr.

ROBERT. — Aérodynamique. Recherches expérimentales (Fascicule IV : *Résistance à l'avancement de fils métalliques fuselés*)...................... 20 fr.

HUGUENARD (E.), MAGNAN (A.) et PLANIOL (A.). — Les appareils à fils chauds, leur application à l'étude des mouvements atmosphériques. (*Épuisé.*)

BEYNE, Médecin principal; **MAZER,** Ingénieur, et **GRENIER (M.). — Inhalation d'oxygène pour le vol à haute altitude**.................... (*Epuisé.*)

WACHE. — Contribution à l'étude de la dissolution de l'aluminium et de ses alliages dans les acides.................................. 15 fr.

ALAYRAC, Ingénieur en chef H. C. de l'Aéronautique. **— Étude théorique du vol par battements**.. 15 fr.

LAPRESLE (A.). — Études expérimentales des voilures tournantes...................... 15 fr.

LAPRESLE. — Contribution à l'étude expérimentale du champ aérodynamique autour d'un profil sustentateur........................... 25 fr.

FRANK. — La traversée aérienne de l'Atlantique Nord.................................. 20 fr.

ROCARD et ROTHSCHILD (de). — Rôle de la lumière diffusée par l'atmosphère dans la visibilité................................ 20 fr.

HUGUENARD (E.), PLANIOL (A.) et MAGNAN (A.). — Étude sur les manographes et les indicateurs de pression......................... 15 fr.

PRIS. — Recherches expérimentales sur la théorie des surfaces portantes. Récupération de l'énergie tourbillonnaire....................... (*Epuisé.*)

HUGUENARD (E.), PLANIOL (A.) et MAGNAN (A.).— Étude sur les accélérations et les vitesses angulaires du vent naturel............... 15 fr.

ETEVÉ. — Amélioration du rendement des moteurs à explosion.............................. 15 fr.

FRAICHET (L.). — Détermination rationnelle des éléments d'un filetage..................... 15 fr.

LECŒUVRE et CAZAUD. — Recherches métallographiques sur l'aluminium et ses alliages. 30 fr.

LEYGUES (le Lieutenant). — Études sur les hélices métalliques........................... (*Epuisé.*)

DUCHÊNE (R.). — Contribution à l'étude des déflagrations dans les mélanges carburés gazeux. 18 fr.

LEROUX (E.). — Note sur l'adaptation des hélices aériennes. L'action de l'hélice dans le vol piqué des avions.............................. 15 fr.

SABATIER (J.). — Étude sur les moyens d'éviter les incendies à bord des avions............... 15 fr.

57. **STAPFER (P.). — Analyse des expériences aérodynamiques faites en vol à bord du dirigeable « Méditerranée »**.................................. 25 fr.

58. **MAGNAN (A.). — Étude de théorie du poisson.** 75 fr.

59. **BRISSOT (A.). — Étude sur les longueurs de roulement au décollage et à l'atterrissage des avions.** (*Epuisé.*)

60. **LEDUC (R.). — Contribution à l'étude des poutres prismatiques**............................ 30 fr.

61. **FRAICHET. — Erreurs de mesures. Erreurs et tolérances de fabrication des calibres. Interchangeabilité des pièces filetées**............... 20 fr.

62. **MAGNAN (A.). — Détermination expérimentale des polaires d'avions en vol**.................. 30 fr.

63. **DUPONT. — Application des tourbillons conjugués à l'aérodynamique du cercle et des profils. Construction de profils d'ailes. Mesure des pressions de section médiane d'une aile**................ 40 fr.

64. **AMIEL (J.), GHEORGHIU (T. D.) et ANDANT (A.). — Oxydation du benzène. Absorption des spectres visibles de quelques huiles minérales. Spectres d'absorption ultraviolets de quelques carbures d'hydrogène**............................ 25 fr.

65. **LANDWERLIN (H.) et SUARD (L.). — Essais et calculs des roues et des organes amortisseurs.** 20 fr.

66. **LAPRESLES (A.). — Girouette aérodynamique et stabilité de forme des planeurs**............ 35 fr.

67. **RIABOUCHINSKY (D.). — Aperçus théoriques sur la Mécanique des fluides**............. 30 fr.

68. **CAZAUD. — Recherches sur la fatigue des métaux**.................................... 25 fr.

69. **MAGNAN (A.) et SAINTE-LAGUË (A.). — Hodographes et polaires d'avions**.............. 30 fr.

70. **FRAICHET (L.). — Interchangeabilité des pièces filetées**.................................. 15 fr.

71. **MAGNAN (A.). — Résistance à l'avancement et puissance des poissons**.................. 50 fr.

72. **PROT (Marcel). — Contribution à l'étude expérimentale des forces électromotrices de dissolution**.................................... 40 fr.

73. **HUGUENARD (E.), PLANIOL (A.) et MAGNAN (A.). — Appareils pour la mesure des phénomènes atmosphériques**.......................... 25 fr.

74. **MAGNAN (A.). — Le vol des oiseaux et le vol des avions**.................................. 120 fr.

75. **CHAMPSAUR (N.). — Mesure des quantités de chaleur évacuées par l'eau et par l'huile dans les moteurs d'aviation**....................... 45 fr.

76. **DAVIOT, SCHNERB et BASTIEN. — Théorie succincte de la navigation aérienne**......... 8 fr.

77. **DUPONT (Paul). — Contribution à l'étude du vol en atmosphère agitée.** Texte............... 20 fr.
Atlas de 41 planches........................ 80 fr.

78. **MIRLES (A.). — Contribution à l'étude du givrage.** 15 fr.

79. **CHARRIOU (A.) et Mlle S. VALETTE. — Observation rapide de négatifs en photographie aérienne.** 12 fr.

80. **BALDIT (Albert). — Les sondages à deux théodolites à la Banne d'Ordanche**............... 15 fr.

81. **RETEL (René). — Contribution à l'étude de l'injection dans les moteurs Diesel**............ 18 fr.

82. **SALEZ (Jacques). — Résultats de mesures en vol de couples de moteurs**.................... 10 fr.

B.— Les publications du Ministère de l'Air ne sont fournies qu'en compte ferme. Aucun retour ne pourra être accepté

N° 8.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 20 Février 1939).

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CORRESPONDANCE.

1939

PREMIER SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS

TOME 208

N° 9 (27 Février 1939).



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55

1939

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LA SÉANCE DU 13 JUILLET 1835
ET MODIFIÉ DANS LES SÉANCES DES 24 FÉVRIER 1840, 23 JUIN 1862, 24 MAI 1875, 8 JUIN 1925.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y deux volumes par année.

ARTICLE 1. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus *quatre* pages par numéro.

Un membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de *dix* Notes par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les *dix* Notes accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus *trois* pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de *huit* Notes par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne porte en rien préjudice au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de la discussion.

Les Rapports relatifs aux prix décernés ne sont imprimés dans les *Comptes rendus* qu'autant qu l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en séan publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savan étrangers à l'Académie.*

Les Notes des personnes qui ne sont pas Membres o Correspondants de l'Académie ne peuvent pas dépass *deux* pages *et demie*. Le nombre des Notes d'u même auteur ne peut être supérieur à *cinq* par anné

Les Membres qui présentent ces Mémoires sor tenus de les réduire au nombre de pages requis. L Membre qui fait la présentation est toujours nommé mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extra autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le fon pour les articles ordinaires de la correspondance offi cielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remi à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'êtr remis à temps, le titre seul du Mémoire est insér dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoy au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches ni figures.

Des figures ne pourraient être exceptionnellemen autorisées que si elles étaient déposées sur le Bureau en même temps que la Note présentée. L'espace occupé par ces figures compte alors pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

NOTA. — *La page comprend* 38 *lignes de* 67 *lettres ou intervalles.*

AVIS AUX AUTEURS

Les références bibliographiques des Notes destinées aux *Comptes rendus* doivent être aussi complètes que possible et comprendre, par exemple pour les Périodiques, l'indication du tome, de l'année et de la page.
(*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1057.)

Les auteurs qui ne se conformeront pas à cette règle seront exposés à voir leurs Notes retardées jusqu'à ce que les indications jugées nécessaires et signalées *sur les épreuves* aient été fournies.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le samedi qui précède la séance, avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 FÉVRIER 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

VOLCANOLOGIE. — *Remarques sur les volcans sous-marins, à propos de ponces rhyolitiques recueillies sur l'atoll Marutea du Sud (Archipel des Tuamotu).* Note de M. ALFRED LACROIX.

L'étude de ponces rhyolitiques, recueillies en 1903 par M. L.-G. Seurat au milieu des blocs calcaires de certains motus de l'atoll Marutea du Sud, m'a conduit à quelques réflexions sur les volcans sous-marins. L'archipel des Tuamotu étant exclusivement constitué par des calcaires coralliens, ces ponces ne peuvent se trouver sur cet atoll que par un apport, peut-être très lointain, dû aux courants équatoriaux. Les alizés soufflant de l'Est à l'Ouest, c'est donc vers l'Orient que doit être recherchée l'origine de ces ponces.

On sait aujourd'hui que les volcans sub-aériens des îles océaniques émettent surtout des laves à faciès basaltique, mais parfois elles sont accompagnées, d'une façon accessoire, par des laves leucocrates. Il n'y a pas de raison pour qu'il n'en soit pas de même pour les volcans sous-marins. J'ai fait voir que, dans le centre de l'Océan Pacifique, les laves, fort différentes de celles de la zone circumpacifique, peuvent être divisées en trois séries; la première est caractérisée par un déficit en silice, la seconde par une composition mixte par rapport à la première et à la dernière, celle-ci étant complètement dépourvue des minéraux caractéristiques des magmas à silice déficitaire et renfermant des laves plus ou moins riches en silice libre qui reste d'ordinaire à l'état potentiel.

C'est à cette dernière série qu'appartient la ponce rhyolitique de Marutea (¹), dont les paramètres magmatiques sont I.4.'2.'4. Or, dans le Pacifique austral, ce type chimico-minéralogique n'est connu en place qu'à l'île de Pâques, et à Tutuila (Samoa); magmatiquement il diffère de l'obsidienne trachytique α de Pitcairn, dont les paramètres sont I(II).5.1(2).(3)4, par une teneur élevée en silice libre. Il y a donc des probabilités pour que le volcan sous-marin qui a émis les ponces de Marutea ait existé quelque part dans la région, très vaste d'ailleurs, où se trouvent les trois les précitées.

Voyons maintenant quelles sont les caractéristiques des éruptions sous-marines. Toutes les fois qu'elles ne donnent pas naissance à un dôme ou à des coulées de lave cohérente pouvant résister plus ou moins longtemps à l'assaut de la houle, les appareils uniquement édifiés par l'accumulation de matériaux pyroclastiques, quelle que soit leur importance, n'ont qu'une existence éphémère, car ils sont plus ou moins rapidement démolis sous l'action de la mer. Bien heureux quand le voisinage d'une terre ou l'occasionnel passage à leur portée d'un navire, au cours de l'éruption, permet de réunir des lambeaux de l'histoire du phénomène et de recueillir quelques matériaux lithologiques.

Tels ont été les cas de l'île Julia (Ferdinandea), sortie des flots de la Méditerranée, entre Pantellaria et la Sicile (1831); de l'île des Cendres, au sud de Poulo Cécir de mer près la côte d'Annam (1925); d'Anak Krakatau apparu dans le détroit de la Sonde, en 1927, sur lequel j'ai pu débarquer aux derniers jours de son existence, avant qu'aient apparu, puis disparu ses deux frères, puis que, dans l'avenir, soit détruit à son tour l'actuel Anak Krakatau IV. Il s'agit là de volcans basaltiques dont les matériaux pyroclastiques, même lorsqu'ils sont très bulleux, sont trop denses pour avoir pu se maintenir à la surface de la mer ou tout au moins s'y maintenir longtemps.

Dans les cas moins favorables, où l'appareil volcanique a été complètement détruit sans témoins, il ne reste aucune trace de l'éphémère volcan, à moins que les produits rejetés par lui n'aient été des ponces très légères. Alors elles flottent, puis sont entraînées par des courants et des vents dans des voyages qui peuvent être très lointains. C'est ainsi qu'à la suite du paroxysme du Krakatau des 26-27 août 1883, une énorme quantité

(¹) Alfred Lacroix, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 601.

de ponces blanches dacitiques, rejetées dans le détroit de la Sonde, atteignirent Tamatave, sur la côte orientale de Madagascar, au début de septembre 1884, après avoir parcouru, en une année, plus de 6000^{kms} à vol d'oiseau. Au cours d'un cyclone, survenu le 25 février 1885, une quantité plus considérable de ces ponces arrivèrent sur cette même côte, puis gagnèrent la pointe nord de Madagascar et les Comores pour descendre ensuite le long de la côte occidentale de la Grande Ile et atteindre son extrémité méridionale.

M. M. Neumann van Padang vient de faire le recensement de toutes les éruptions sous-marines connues ([2]). Parmi les 158 cas enregistrés, nombreux sont ceux qui, ayant été de nature uniquement explosive, n'ont pas été étudiés lithologiquement. Parmi ceux qui ont été examinés à ce point de vue, il ne se trouve aucun exemple de ponce rhyolitique, et ceci augmente l'intérêt de celle de Marutea.

Les transports lointains de ponces à la surface des océans montrent combien il est nécessaire d'être prudent dans l'interprétation de celles que l'on rencontre occasionnellement dans les régions côtières et dans les sédiments marins de tout âge.

Dans le cas de Marutea, elles sont restées dans une région où les laves des volcans les moins éloignés appartiennent toutes à la même série lithologique. Les laves des îles Gambier et des îles Marquises sont de la série dépourvue de feldspathoïdes, et aux Marquises il existe des trachytes renfermant de la silice libre. En cas de rencontre, il y aurait donc parenté magmatique entre les laves locales et les ponces apportées par les flots.

Mais il n'en est plus de même pour le cas cité plus haut des ponces du Krakatau, qui ont été semées sur tout le trajet du Détroit de la Sonde à Madagascar ou abandonnées sur les côtes de cette grande Ile; par places, on pourrait les voir mélangées à des laves indigènes de la série néphélinique ou de la série mixte, et la possibilité de ce contraste doit être relevée.

M. Alexandre Guilliermond fait hommage à l'Académie de la première Partie d'un livre intitulé *Introduction à l'étude de la Cytologie*, qu'il vient de faire paraître.

([2]) *De Ingenieur in Nederlandich. Indie, IV. Mijnbouw en Geologie* (*De Mijn-Ingenieur*, Batavia, 5, nos v-vi, p. 69-83, 85-103).

M. **Paul Wintrebert** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter et d'offrir à l'Académie, au nom du *Comité d'Organisation du Jubilé* de M. **Maurice Caullery**, le livre qui lui a été dédié par ses Confrères, ses Collègues, ses Collaborateurs et ses Élèves. Il est composé exclusivement de travaux originaux, comprend 851 pages, de nombreux dessins dans le texte et 24 planches. Il fait partie de la Collection des *Travaux de la Station zoologique de Wimereux*, fondée par Giard et que dirige M. Maurice Caullery. Nous avons voulu célébrer le 70e anniversaire de M. Maurice Caullery et sa 30e année d'enseignement comme professeur de la chaire d'Évolution des êtres organisés et de Biologie générale à la Faculté des Sciences de Paris.

M. **Frank Schlesinger** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée William Wallace Campbell (1862-1938).

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Émile Borel**, **Charles Fabry**, pour la Division des Sciences mathématiques; MM. **Charles Achard**, **Charles Pérez**, pour la Division des Sciences physiques; MM. **Maurice de Broglie**, **Camille Gutton**, pour la Section des Académiciens libres, sont élus Membres de la Commission, qui, sous la présidence de M. le Président, présentera des listes de candidats à deux des places vacantes dans la Section des Académiciens libres.

PLIS CACHETÉS.

M. **Henri Gridel** demande l'ouverture de deux plis cachetés reçus dans les séances du 28 février et du 13 juin 1938 et enregistrés sous les nos 11 390 et 11 430.

Ces plis, ouverts en séance par M. le Président, contiennent des Notes intitulées *Modifications à apporter aux règles à calcul usuelles pour permettre la résolution rapide de certains problèmes industriels et autres* et *Appareil à calculer*.

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° V. A. Obroutchev. *Histoire de l'exploration géologique de la Sibérie. Quatrième période* (1889-1917) et *Géologie de la Sibérie*. Tome III. *Mésozoïque et Cénozoïque* (en langue russe).

2° Institut de Géophysique et de Météorologie de l'Université de Lwow. *Communications*, vol. 9, nos 110 à 118 : *Des résultats des recherches de* Henryk Arctowski *et de ses collaborateurs* S. Atamanczuk, A. Grossek, A. Kochanski, J. Kowalski, H. Orkisz, H. Sopuch, J. Tesla et W. Tylczak (en langues polonaise et française).

GÉOMÉTRIE. — *Transformations asymptotiques des courbes de l'espace elliptique.* Note de M. **Radu Rosca**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Dans un espace elliptique à trois dimensions, dont nous réduisons par une homothétie préalable la courbure à l'unité, nous considérons une courbe (M), lieu du point (x_0, x_1, x_2, x_3), ou, pour abréger, (x); nous appelons (α) les cosinus directeurs de la tangente, (ξ) ceux de la normale principale et (λ) ceux de la binormale; les courbes (x), (λ) sont réciproques par rapport à l'absolu, $X_0^2+X_1^2+X_2^2+X_3^2=0$, et le déterminant $|x\alpha\xi\lambda|$ est un déterminant de substitution orthogonale, égal à $+1$. Si $(\overline{M})$ est une seconde courbe, lieu de $(\overline{x})$ *transformée asymptotique* de M, on a

$$S x\overline{\lambda}=0, \qquad S\overline{x}\lambda=0,$$

et ces relations expriment aussi que les courbes (N) et $(\overline{N})$ lieux de λ et $\overline{\lambda}$ sont en transformation asymptotique. Prenons comme variable indépendante l'arc s de M. On a, d, θ, u étant des fonctions convenables de s,

$$(1) \qquad \overline{x}=x\cos d+\sin d(\alpha\cos u+\xi\sin u), \qquad \overline{\lambda}=\lambda\cos\theta+\sin\theta(\xi\cos u-\alpha\sin u).$$

d est la distance $x\overline{x}$, θ la distance $\lambda\overline{\lambda}$ ou l'angle des plans osculateurs

de (M) et ($\overline{M}$); T et $\overline{T}$ étant les rayons de torsion de M et $\overline{M}$, on a

$$T\overline{T} = \frac{\sin^2 d}{\sin^2\theta},$$

puis les deux équations nécessaires et suffisantes

$$(2)\qquad \tang\theta = \frac{\sin u \tang d}{T\left[\left(u' + \frac{1}{\rho}\right)\tang d - \sin u\right]};\qquad \cos u\left[1 - \frac{\overline{T}}{T}\right] = -d' + \overline{T}\theta',$$

où les accents signifient une dérivation en s; ρ est le rayon de courbure de M. L'élimination de θ ou d entre les deux équations (2) conduit à l'une ou l'autre des deux équations équivalentes [moyennant la première équation (2)]

$$(3)\qquad \begin{aligned} 2d'\sin^2 u = \sin^2 d\Big[&\cos u\left\{\left(u' + \frac{1}{\rho}\right)\left(2u' + \frac{1}{\rho}\right) + \sin^2 u\left(\frac{1}{T^2} - 1\right)\right\} \\ &- \sin u\left\{\frac{T'}{T}\left(u' + \frac{1}{\rho}\right) + u'' - \frac{\rho'}{\rho^2}\right\}\Big] \\ &+ \sin d\cos d\left[\sin^2 u\frac{T'}{T} - 2\sin u\cos u\left(u' + \frac{1}{\rho}\right)\right]; \end{aligned}$$

$$(4)\qquad \begin{aligned} 2\theta'\sin^2 u = T\sin^2\theta\Big[&\cos u\left\{\left(u' + \frac{1}{\rho}\right)\left(2u' + \frac{1}{\rho}\right) + \sin^2 u\left(1 - \frac{1}{T^2}\right)\right\} \\ &- \sin u\left(u'' - \frac{\rho'}{\rho^2}\right)\Big] \\ &- \sin\theta\cos\theta\left[\frac{T'}{T}\sin^2 u + 2\sin u\cos u\left(u' + \frac{1}{\rho}\right)\right]. \end{aligned}$$

2. *Il est intéressant de chercher tous les cas où d et θ peuvent être tous deux constants. Il y a trois types de solutions :* dans le premier *u est égal à $\pi/2$ et* M, $\overline{M}$ *sont deux courbes de Bertrand associées* (et les réciproques Γ, $\overline{\Gamma}$ aussi). Dans les second et troisième, M *et* $\overline{M}$ *sont deux courbes congruentes de même torsion*, égale à $+1$ ou -1 (racine carrée de la courbure de l'espace elliptique étudié). Une symétrie plane permet de n'envisager que $T = 1$.

3. Nous étudions donc directement le cas $T = 1$: dans ce cas les équations (3) et (4) coïncident; cela tient à ce que (M) et (N) sont congruentes. L'équation (3) jouit de cette propriété que, si d est une solution, $\operatorname{arctang}[\sin u \tang d/\{(u' + 1/\rho)\tang d - \sin u\}]$ est une nouvelle solution. La fonction d définie par $\tang d = 2\sin u/(u' + 1/\rho)$ est une solution particulière de (3) (bien entendu en supposant $T = 1$).

4. T étant égal à 1, soient d_0 une constante arbitraire et u une intégrale particulière de $u' + 1/\rho = \sin u \cot d_0$.

Nous avons ainsi construit une certaine surface réglée issue de (M) et, sur cette surface, obtenu une nouvelle asymptotique $\overline{M}$ congruente à (M) : c'est le second type annoncé au numéro 2; θ est constant et égal à d_0; sur chacune des ∞^2 réglées ainsi obtenues, il n'y a pas d'autre asymptotique congruente à (M).

5. T étant égal à 1, choisissons pour u une intégrale quelconque de $u' + 1/\rho = 0$; chacune des surfaces réglées ainsi obtenues est une surface de Clifford et, sur chacune d'elles, on a ∞^1 asymptotiques en portant à partir de (x) une longueur arbitraire constante d_0; sur la génératrice, l'angle θ est égal à $\pi - d_0$, et nous avons ainsi obtenu le troisième type annoncé au numéro 2.

Toutes ces asymptotiques sont congruentes entre elles; on remarquera que deux de ces surfaces ont leurs génératrices homologues formant un angle constant et que $(\overline{M})$ étant une asymptotique de la première, $\overline{M}_1$ une asymptotique de la seconde, le triangle $M\overline{M}\,\overline{M}_1$ reste invariable quand M décrit la courbe (M); *on définit ainsi un mouvement à un paramètre où tout point invariablement lié au triangle* $M\overline{M}\,\overline{M}_1$ *(dans le plan de ce triangle, ou hors du plan de ce triangle) décrit une courbe congruente à la courbe* (M). *Une droite* Δ *quelconque invariablement liée à* $M\overline{M}\,\overline{M}_1$ *engendre une surface de Clifford, dont les asymptotiques, réunies à celles de la surface engendrée par la réciproque de* Δ *vis-à-vis de l'absolu, offrent la configuration de permutabilité de Bianchi.*

En même temps, nous avons trouvé une propriété des surfaces de Clifford : *chacune possède* ∞^2 *courbes de torsion constante* ($T = 1$ *ou* $T = -1$ *suivant le cas*); *ces courbes sont réparties en* ∞^1 *séries, chaque série contenant* ∞^1 *courbes dont le plan osculateur rencontre les génératrices sous un même angle*, variable d'une série à l'autre; les courbes d'une même série sont congruentes. Jusqu'ici on n'avait signalé que les valeurs 0 et $\pi/2$ de cet angle constant : asymptotiques de la surface et trajectoires orthogonales des génératrices; nous avons relié ces deux séries extrêmes par ∞^1 familles continues.

GÉOMÉTRIE. — *Sur l'existence des surfaces ayant des lignes principales données.* Note de M. **Alessandro Terracini**, présentée par M. Élie Cartan.

Les lignes les plus remarquables au point de vue projectif parmi celles qui sont tracées sur une surface S de l'espace à cinq dimensions S_5 sont sans doute les lignes principales. Ces lignes peuvent être définies de maintes manières : quelle que soit la définition que l'on adopte, sur toute surface de l'espace S_5 il y a (au point de vue complexe) cinq systèmes de lignes principales, distinctes ou confondues (indéterminées sur la surface de Veronese et sur les développables). En d'autres termes, si u, v sont les coordonnées curvilignes sur la surface, l'équation des lignes principales est de la forme

$$(1)\qquad \begin{aligned} &h(u, v)\,du^5 + l(u, v)\,du^4 dv + m(u, v)\,du^3 dv^2 \\ &\quad + n(u, v)\,du^2 dv^3 + p(u, v)\,du\,dv^4 + k(u, v)\,dv^5 = 0. \end{aligned}$$

Les lignes principales ont attiré à nouveau l'attention des géomètres dans ces derniers temps, à un autre point de vue, à savoir les relations qui existent entre leur notion (qui est tout à fait projective) et la théorie topologique des tissus (plus précisément des *cinq-tissus*) qui a été développée surtout par M. Blaschke. Cette théorie topologique vient justement de faire l'objet d'un bel exposé d'ensemble par MM. Blaschke et Bol [1]. Mais, toutefois, il y a encore bien des points à élucider relativement aux lignes principales; et surtout, ainsi que l'observent MM. Blaschke et Bol (*loc. cit.*, p. 206), il n'est pas encore démontré que, de quelque façon que l'on se donne *a priori* une équation (1), il existe toujours des surfaces pour lesquelles l'équation des lignes principales coïncide avec (1).

Or je viens de démontrer qu'il en est précisément ainsi. Je cherche à réaliser le résultat moyennant une surface représentée par un système de la forme

$$(2)\qquad \begin{cases} x_{uuu} = a^1 x + b^1 x_u + c^1 x_v + \alpha x_{uu} + \beta x_{uv} + \tau x_{uv}, \\ x_{uuv} = a^2 x + b^2 x_u + c^2 x_v + \gamma x_{uu} + \delta x_{uv} + \varepsilon x_{uv}, \\ x_{uvv} = a^3 x + b^3 x_u + c^3 x_v + \eta x_{uu} + \lambda x_{uv} + \mu x_{vv}, \\ x_{vvv} = a^4 x + b^4 x_u + c^4 x_v + \omega x_{uu} + \nu x_{uv} + \rho x_{vv}. \end{cases}$$

En formant effectivement les conditions d'intégrabilité du système (2) on

[1] *Geometrie der Gewebe*, Berlin, 1938.

trouve 18 conditions qui peuvent être ramenées à 6 conditions (i_1), ..., (i_6) portant seulement sur les 12 fonctions α, β, τ, γ, δ, ε, η, λ, μ, ω, ν, ρ. J'écrirai sous peu ces conditions en me bornant à la partie qui nous intéresse, car, ainsi qu'on peut bien imaginer, leur expression complète est assez longue.

L'équation différentielle des lignes principales pour une surface définie par le système (2) se réduit à l'équation (1) si l'on pose

$$(3)\qquad \begin{cases} \tau = h, & \beta = 3\varepsilon - l, & \alpha = 3\delta - 3\mu + m, \\ \rho = 3\lambda - 3\gamma + n, & \nu = 3\eta - p, & \omega = k. \end{cases}$$

Alors on pourrait chercher d'achever la démonstration en portant les valeurs (3) dans les conditions (i_1), ..., (i_6); l'équation (1) étant donnée, le système formé par les conditions (i_1), ..., (i_6) se réduit à un système de six équations aux dérivées partielles dans les six fonctions inconnues γ, δ, ε, η, λ, μ. Mais malheureusement il n'est possible d'établir aucun théorème d'existence pour ce système. Je ne puis m'arrêter ici à donner l'explication géométrique de ce fait. L'obstacle se tourne tout de suite en remplaçant les relations (3) par les nouvelles relations moins restrictives

$$(4)\quad \tau = sh,\quad \beta = 3\varepsilon - sl,\quad \alpha = 3\delta - 3\mu + sm,\quad \rho = 3\lambda - 3\gamma + sn,\quad \nu = 3\eta - sp,\quad \omega = sk,$$

dans lesquelles $s(u, v)$ est une nouvelle fonction de u, v, demeurant pour le moment inconnue. En explicitant les équations (i_1), ..., (i_6) dans ces conditions, et en les transformant convenablement, j'ai trouvé que (sauf un cas d'exception qui doit être examiné à part) il est possible de les écrire sous la forme

$$s_{uuu} = M_1,\quad \delta_{uu} = M_2,\quad \varepsilon_{uu} = M_3,\quad \gamma_u = M_4,\quad \eta_{uu} = M_5,\quad \lambda_{uu} = M_6,$$

où les seconds membres sont des polynomes dépendant des sept fonctions inconnues γ, δ, ε, η, λ, μ, s et de leurs dérivées paramétriques. Dans ces conditions on peut appliquer des théorèmes d'existence connus et conclure que pour réaliser de la façon la plus générale une surface dont les lignes principales satisfont à l'équation (1), on peut se donner arbitrairement la fonction $\mu(u, v)$ ainsi que certaines conditions initiales pour les six fonctions γ, δ, ε, η, λ, s.

La circonstance que la fonction $\mu(u, v)$ demeure arbitraire doit être mise en relation avec la fonction arbitraire de u, v dont on peut disposer comme facteur des six coordonnées homogènes. Mais, même en tenant compte de cette circonstance, il y a encore beaucoup d'arbitraire dans les surfaces qui réalisent les conditions imposées. Une conséquence en découle ayant un

certain intérêt : la constitution des lignes principales au point de vue topologique semble ne pouvoir affecter les propriétés projectives d'une surface que d'une façon assez limitée. C'est pourquoi le lien qui a été découvert par M. Blaschke, même dans un cas très spécial, semble particulièrement remarquable. Cette communication sera développée avec les détails nécessaires dans un Mémoire plus étendu.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équation différentielle des sinus du 3e ordre.* Note de M. **Jacques Touchard**, présentée par M. Élie Cartan.

Le fait que les sinus du 3e ordre admettent, comme nous l'avons montré dans une Note récente [1], un théorème de multiplication complexe dans le corps $C(i\sqrt{3})$, suggère de former, par analogie, certaines combinaisons linéaires de fonctions pu de Weierstrass, ayant leur invariant g_2 nul; on sait, en effet, que, dans ce cas, il y a une multiplication complexe pour la fonction γu.

Or de telles combinaisons linéaires s'offrent d'elles-mêmes, orsque l'on cherche toutes les intégrales de l'équation différentielle

$$y''^3 + y'^3 + y^3 - 3yy'y'' = 1, \tag{1}$$

à laquelle satisfont les sinus du troisième ordre de la variable indépendante x. Cette équation est en effet vérifiée, non seulement pour ces sinus qui sont des intégrales de $y''' = y$, mais encore pour certaines intégrales de l'équation

$$y''^2 - yy' = 0, \tag{2}$$

qu'on obtient en dérivant par rapport à y'' l'équation (1). On s'en assure en multipliant (2) par $y''' - y$ et en intégrant par rapport à x. L'élimination de y'' entre (1) et (2) donne ensuite l'équation du premier ordre $y^{3/2} + y'^{3/2} = 1$, de sorte qu'on peut exprimer x en fonction de y au moyen d'une quadrature pseudo-elliptique, bien connue, mais compliquée. Il est préférable d'exprimer y et y' en fonction elliptique d'un paramètre u; les calculs à effectuer se rencontrent partiellement dans une question de la dynamique du point matériel et l'on parvient au résultat suivant.

---

(1) *Comptes rendus*, **206**, 1939, p. 491.

Les invariants de pu étant $g_2 = 0$, $g_3 = 1$, soient $\omega_2 = 1,5299$ la demi-période réelle, $\omega'_2 = i\sqrt{3}\,\omega_2$ la demi-période imaginaire, $j = -1/2 + i\sqrt{3}/2$ la racine cubique de l'unité, dont la partie imaginaire est positive; nous poserons $a = -2\omega_2/3$, de sorte que $pa = 1$, $p'a = \sqrt{3}$. Cela étant, soient encore

$$3F_1(u) = p(u-a) + j\,p(u-ja) + j^2 p(u-j^2a),$$
$$3F_2(u) = p(u-a) + j^2 p(u-ja) + j\,p(u-j^2a),$$
$$3F_3(u) = p(u-a) + \;\;p(u-ja) + \;\;p(u-j^2a),$$
$$x = -2\left[\log\frac{\sigma(a-u)}{\sigma a} + j^2\log\frac{\sigma(ja-u)}{\sigma(ja)} + j\log\frac{\sigma(j^2a-u)}{\sigma(j^2a)}\right],$$

on aura

$$y(x) = F_1(u), \qquad y'(x) = F_2(u), \qquad y''(x) = F_3(u).$$

Les trois fonctions F_1, F_2, F_3 présentent, avec les sinus du troisième ordre, l'analogie formelle que nous désirions. On remarquera toutefois que la courbe $X = F_1(u)$, $Y = F_2(u)$, $Z = F_3(u)$ est algébrique, tandis que la courbe $X = f_1(u)$, $Y = f_2(u)$, $Z = f_3(u)$, où f_1, f_2, f_3 sont les trois sinus, est transcendante. Les formules ci-dessus peuvent être modifiées de bien des manières et les fonctions F_r jouissent de propriétés élégantes. Leur expression la plus simple s'obtient en effectuant la deuxième transformation réelle du troisième ordre, c'est-à-dire en divisant par trois la demi-période imaginaire ω'_2. Soient alors $\Omega_2 = \omega_2$, $\Omega'_2 = \omega'_2/3$ et σ_1, ζ_1, p_1 les fonctions σ, ζ, p, construites avec les invariants $g_2 = 0$ et $g_3 = -27$; on aura

$$F_1(u) = e^{\frac{2\pi\sqrt{3}}{9}} e^{\frac{4H_2u}{3}} \frac{\sigma_1^2 u}{\sigma_1^2\left(u + \frac{2\Omega_2}{3}\right)},$$

$$F_2(u) = e^{-\frac{2\pi\sqrt{3}}{9}} e^{-\frac{4H_2u}{3}} \frac{\sigma_1^2\left(u + \frac{4\Omega_2}{3}\right)}{\sigma_1^2\left(u + \frac{2\Omega_2}{3}\right)},$$

$$F_3(u) = -e^{-\frac{2\pi\sqrt{3}}{9}} \frac{\sigma_1 u\, \sigma_1\left(u + \frac{4\Omega_2}{3}\right)}{\sigma_1^2\left(u + \frac{2\Omega_2}{3}\right)} = \frac{1}{3} p_1\left(u + \frac{2\Omega_2}{3}\right),$$

où, selon l'usage, $H^2 = \zeta_1(\Omega_2) = 3\eta_2$.

Dans le parallélogramme

$$2\Omega_1 = \Omega_2 - \Omega'_2, \qquad 2\Omega_3 = \Omega_2 + \Omega'_2,$$

la fonction $F_3(u)$ est encore elliptique, mais $F_1(u)$ et $F_2(u)$ sont double-

ment périodiques de deuxième espèce, racines cubiques de fonctions elliptiques.

Il est clair qu'une surface ou hypersurface étant donnée par une équation de la forme $X_1 X_2 \ldots X_p = 1$ où $X_1, X_2, \ldots, X_p$ sont p fonctions linéaires indépendantes de p variables $x_1, x_2, \ldots, x_p$, on peut représenter une variété, tracée sur la surface, en posant $X_1 = A_1/A_2$, $X_2 = A_2/A_3$, $\ldots$, $X_p = A_p/A_1$ et en prenant pour A_1, A_2, $\ldots$, A_p, des produits de fonctions σ, ou des produits de sinus ordinaires, ou des produits de fonctions linéaires, ou des exponentielles. On obtient ainsi une représentation elliptique, trigonométrique, rationnelle ou exponentielle de la variété en question. On retrouverait ainsi nos trois fonctions F_r, mais il n'était pas évident que les fonctions ainsi obtenues satisferaient à l'équation différentielle (1), et la même question peut, croyons-nous, se poser d'une manière plus générale.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur une propriété inconnue du groupe plan projectif.* Note (1) de M. **Gerhard Kowalewski.**

J'ai énoncé (2) un théorème valable pour chaque groupe plan à r paramètres transformant transitivement les éléments d'ordre $r-2$. Il y a toujours dans un tel groupe deux transformations infinitésimales Xf et Yf, nommées transformations *fondamentales* ou *génératrices*, qui, par crochetage continu, engendrent le groupe entier. Il suffit du reste de former les crochets

$$(XY),\quad [X(XY)],\quad \{H[H(XY)]\},\quad \ldots,$$

c'est-à-dire de crocheter continuellement avec Xf. J'appelle Xf la transformation *active*, Yf la transformation *passive*.

On peut maintenant établir une nouvelle liste, très commode, des groupes plans. La transformation active étant p, il suffira d'indiquer pour chaque groupe la transformation passive Yf.

La transformation passive Yf a toujours la forme suivante :

$$\varphi_1(x)\{\xi_1(y)p + \eta_1(y)q\} + \ldots + \varphi_n(x)\{\xi_n(y)p + \eta_n(y)q\},$$

(1) Séance du 20 février 1939.

(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 486.

les fonctions $\varphi_\nu(x)$ étant linéairement indépendantes, de même que les symboles $\xi_\nu(y)p + \eta_\nu(y)q$.

Il y a deux classes de groupes, selon que p est linéairement indépendant ou non des symboles $\xi_\nu(y)p + \eta_\nu(y)q$. Dans le dernier cas on pourra identifier p et $\xi_1(y)p + \eta_1(y)q$.

Le nombre n est pour ainsi dire la *mesure d'articulation* de la transformation Yf ou du groupe engendré par p et Yf. Dans la première classe de groupes plans (p indépendant des $\xi_\nu p + \eta_\nu q$) le nombre n prend les valeurs 1, 2, 3 et 7, dans la deuxième classe ($p = \xi_1 p + \eta_1 q$) les valeurs 2, 3, 4.

La valeur maximum $n = 7$ se présente dans le cas du groupe projectif. Le groupe projectif a donc cette particularité remarquable d'avoir une transformation passive d'une articulation extraordinairement riche.

HYDRODYNAMIQUE ET GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Tourbillons dans les boues épaisses. Application aux terrains polygonaux arctiques.* Note [1] de M. **Vsevolod Romanovsky**, présentée par M. Henri Villat.

Les tourbillons de convection de M. H. Bénard [2] trouvent une nouvelle et très intéressante application dans les formes spéciales de certains terrains des régions polaires qui présentent la disposition hexagonale caractéristique.

Ce phénomène géologique a été observé par un grand nombre de savants depuis qu'il a été découvert par Hogbôm (*Bull. geol. Upsala*, 9, 1908-1909) et Hans Steche (*Academ. der Wiss.*, Leipzig, 1933) en a donné une nomenclature très complète.

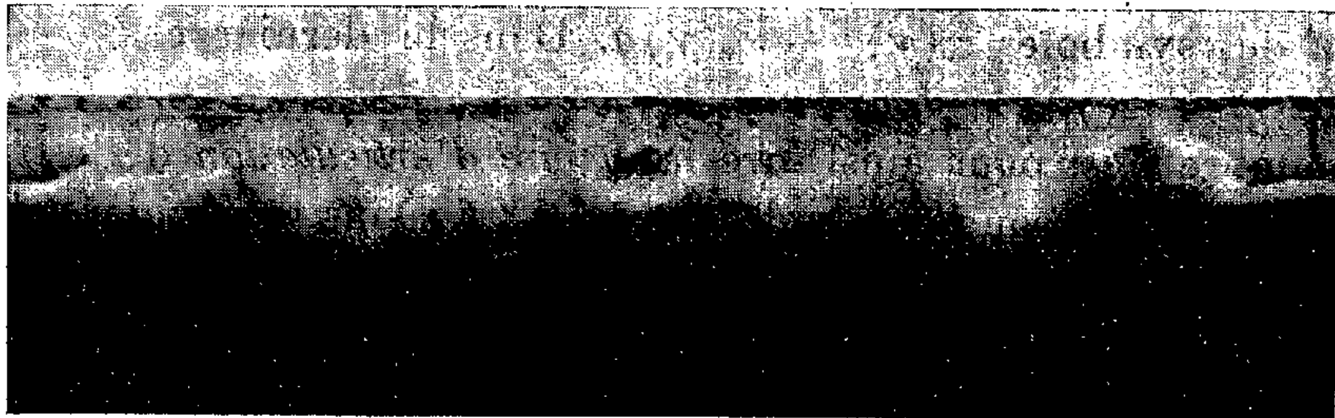
Des expériences de laboratoire à petite échelle ont permis de retrouver des formes absolument identiques à celles qui se rencontrent à grande échelle dans les régions polaires du Spitzberg et du Groenland. Des couches de sucre, de sel ou de sable surmontées d'une couche d'eau ont été soumises à une température voisine de la température d'ébullition de l'eau (105° environ pour une couche de sucre), et des tourbillons convectifs se forment dans cette couche épaisse de *boue*. On obtient un régime stable tant que la température reste constante.

Ce phénomène a été étudié soit en cuvette verticale en *coupe* et a donné la

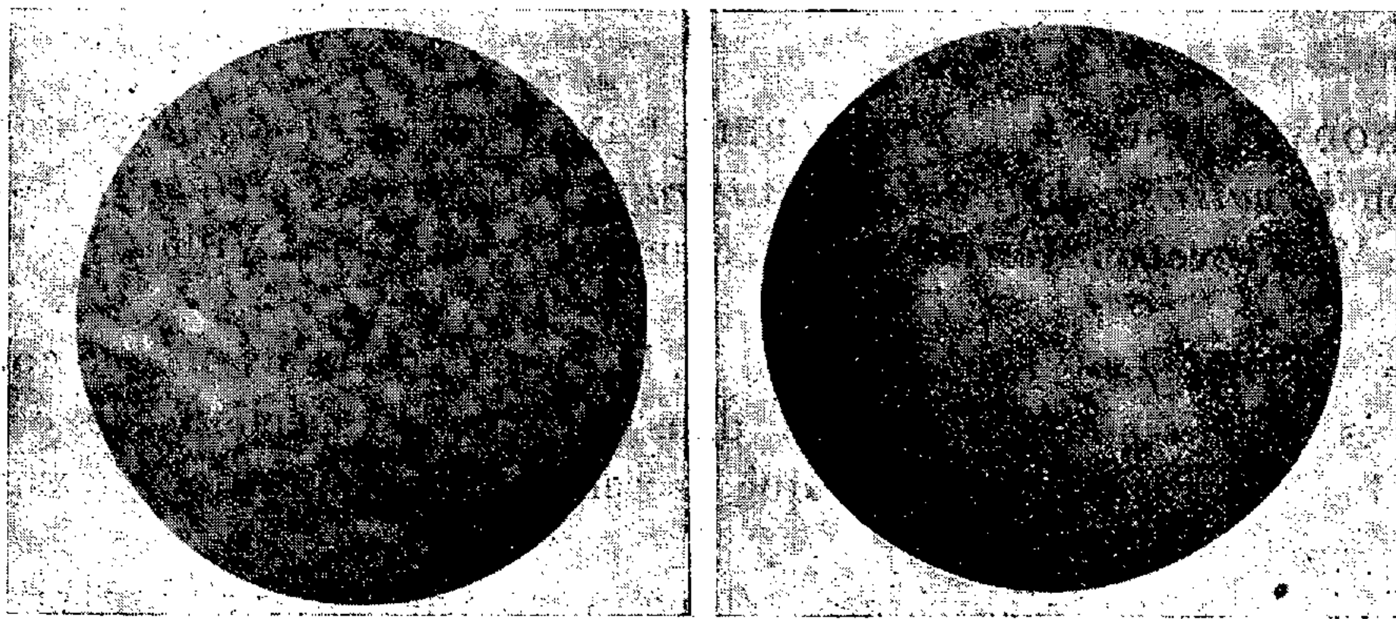
(1) Séance du 20 février 1939.

(2) *Thèse de Doctorat*, 1901.

disposition de la photographie 1, soit en cuvette horizontale, ce qui a permis d'observer la surface de la couche, et on a obtenu les photographies 2 et 3.



Photographie 1.



Photographie 2. Photographie 3.

Les bulles gazeuzes montent et forment à la surface des monticules blancs qui se disposent en quinconce (photographie 2). La photographie 3 est obtenue en observant, à travers le fond vitré de la cuvette, la surface inférieure de la couche de sucre où les grains de sable incorporés, entraînés par les courants descendants, se disposent en formation hexagonale le long des cloisons des cellules tourbillonnaires.

Une série de 50 expériences faites avec des épaisseurs différentes et avec des matériaux différents a permis d'établir les trois lois fondamentales suivantes :

1° le rapport entre l'épaisseur de la couche de *boue* et la distance de deux monticules est constant et sensiblement égal à 1,76;

2° l'épaisseur de l'eau surmontant cette couche de *boue* est sans influence sur ce rapport;

3° les tourbillons ainsi obtenus ont le sens normal de rotation (courants ascendants au centre de la cellule descendants aux cloisons).

Ces tourbillons ont donc toutes les propriétés des tourbillons de convection étudiés par M. H. Bénard.

On retrouve donc une parfaite identité de forme entre les tourbillons obtenus au laboratoire et ceux observés par les explorateurs dans les régions polaires.

HYDRAULIQUE. — *Expériences sur l'écoulement à l'aval d'un barrage déversoir.* Note [1] de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Nous avons décrit [2] les divers modes d'écoulements possibles à l'aval d'un barrage déversoir, et précisé les relations théoriques qui existent entre les divers éléments caractéristiques. Dans la Note actuelle, nous allons exposer les vérifications expérimentales que nous avons effectuées sur deux modèles semblables de barrages déversoirs, dans le rapport de 1 à 10, et dont le plus grand, d'une hauteur de $1^m,50$ et d'une largeur de 4^m, était monté dans le grand canal du Laboratoire de Banlève.

Les notations étant les mêmes que dans la Note précédente, nous avons étudié tout d'abord, en fonction de la charge amont H_1, l'épaisseur D de la lame s'écoulant au pied du barrage, en l'absence de retenue aval; sur la figure 1, est tracée la courbe théorique sur laquelle viennent se placer les points expérimentaux.

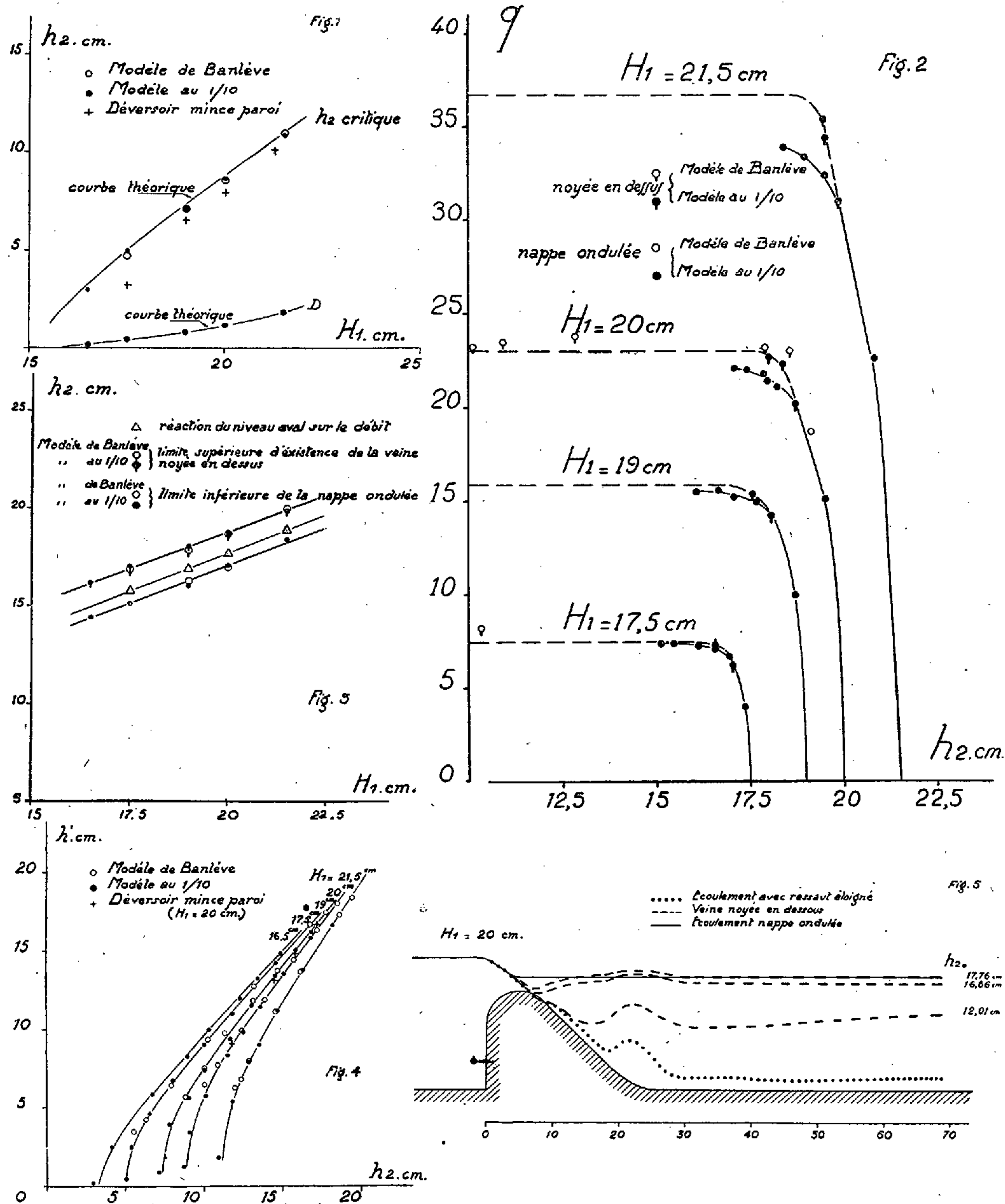
Nous avons ensuite comparé de même les valeurs théoriques et expérimentales de h_2 critique, correspondant aux différentes valeurs de la charge amont H_1; comme on l'observe sur la figure 1, la coïncidence est bonne entre l'expérience et la théorie.

Pour différentes valeurs de la charge amont, maintenue constante, nous avons étudié, en fonction du tirant d'eau aval, les valeurs du débit : comme le montre la figure 2 lorsqu'on opère à charge croissante, le débit, d'abord constant, diminue à un moment donné, puis, lorsque la veine s'éloigne du fond et passe en surface, il décroît très rapidement au fur et à mesure que h_2 augmente. En opérant avec des valeurs décroissantes de h_2,

(1) Séance du 20 février 1939.

(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 420.

on observe un phénomène d'hystérésis pour le passage de l'écoulement en nappe ondulée à l'écoulement à veine noyée, et il existe toute une zone dans



laquelle le débit, pour un même système de valeur des charges amont et aval, peut avoir lui-même deux valeurs distinctes, correspondant à deux

formes différentes d'écoulement; on trouve là encore un exemple de solutions multiples en hydraulique. Sur la figure 3, sont indiquées, en fonction de H_1, les trois courbes donnant soit les valeurs de h_2 pour lesquelles le niveau aval réagit sur le débit, soit la limite inférieure d'existence de l'écoulement à nappe ondulée, soit la limite supérieure d'existence de l'écoulement avec lame noyée en dessus.

Disposant des valeurs du débit q en fonction de H_1 et de h_2 dans l'écoulement à veine noyée en dessus, nous avons déterminé les valeurs théoriques de h', au moyen de la relation (2); les courbes correspondantes sont représentées sur la figure 4, ainsi que les points expérimentaux; là encore, on observe une bonne coïncidence.

Nous avons également étudié diverses répartitions de pressions sur le parement du barrage et le radier du canal; on remarque sur la figure 5 la différence essentielle entre les répartitions correspondant aux deux modes d'écoulement, nappe ondulée ou veine noyée en dessus.

Nous avons enfin procédé à la détermination du point d'éclatement de la veine, dans l'écoulement à veine noyée en dessus.

Il résulte de ce qui précède, et de l'examen des courbes, que la loi de similitude de Reech-Froude s'applique au phénomène étudié.

D'autre part, pour nous rendre compte du degré de généralité des résultats obtenus et de l'influence de la forme du parement aval du barrage, nous avons considéré le cas d'un déversoir en mince paroi, à lame aérée en dessous, pour lequel la lame déversante n'est aucunement guidée; l'expérience nous a montré que, même dans ce cas extrême, où les hypothèses de base sont le plus en défaut, l'écart entre les points expérimentaux (*fig.* 1 et 4) et les courbes théoriques tirées des équations générales, n'est sensible qu'en ce qui concerne les valeurs de h_2 critique. Sur ce déversoir en mince paroi, nous avons, d'autre part, fait diverses mesures relatives à l'écoulement à nappe ondulée, et l'expérience a vérifié de façon précise les relations théoriques exposées dans notre première Note.

AÉRODYNAMIQUE. — *La définition de la turbulence.* Note de MM. **Georges Dedebant** et **Philippe Wehrlé**, présentée par M. Henri Villat.

1. *Spectre d'une fonction aléatoire.* — Soit u/t une fonction aléatoire du paramètre t, dérivable en moyenne quadratique et *stationnaire en probabilité*

(c'est-à-dire dont la loi de probabilité ne dépend pas de t). Désignons par u_0 sa valeur probable, S_0 son écart-type et $r(t)$ le coefficient de corrélation entre u/t_1 et u/t_2 qui ne dépend que de $t=(t_2-t_1)$. Ces grandeurs macroscopiques suffisent *en principe* à décrire le champ de u, y compris sa connexion.

Représentons $r(t)$ par l'intégrale de Fourier [1]

$$r(t)=\int_0^\infty \varphi(\omega)\cos\omega t\,d\omega. \tag{1}$$

La fonction $\varphi(\omega)$ sera dite le *spectre de la fonction aléatoire* u/t

Cette définition est justifiée par un théorème de Slutsky [2], selon lequel la valeur probable $\overline{a_\omega^2}$ du carré de l'amplitude du terme de pulsation ω, dans la représentation de u par une série de Fourier, est égale au terme correspondant de la série de Fourier qui représente r.

Nous avons établi, d'autre part, que

$$S_1^2=-S_0^2\left(\frac{d^2r}{dt^2}\right)_0, \tag{2}$$

où $S_1^2=\overline{u_t'^2}$ est la dispersion de la dérivée en moyenne quadratique de u. La comparaison de (1) et de (2) fournit l'importante relation

$$S_1^2=S_0^2\int_0^\omega \omega^2\varphi(\omega)\,d\omega=S_0^2\overline{\omega^2}=4\pi^2S_0^2\nu^2. \tag{3}$$

Nous appellerons ν la *pseudo-fréquence* de la fonction aléatoire u/t. Elle décrit *en principe* la connexion du champ.

2. *Corrélations* géométriques *d'un fluide turbulent.* — Dans un fluide turbulent, la vitesse (u, v, w) est une *fonction aléatoire de* x, y, z, t. Soient (u_0, v_0, w_0) sa valeur probable; (u', v', w') la vitesse d'agitation et S_0 l'écart type d'une composante, supposé commun à u, v, w et indépendant de x, y, z, t. Ce champ aléatoire se décrit :

a. dans l'espace, par les corrélations entre

$$\left.\begin{array}{l} u,\ v,\ w \text{ au point P} \\ u_1,\ v_1,\ w_1 \text{ au point Q}\end{array}\right\}\text{ à l'instant } t.$$

---

[1] On peut, pour plus de généralité, employer l'intégrale de Stieltjes.

[2] *Les Fonctions aléatoires* (*Conférences Intern. des Sciences Math. de Genève*), Paris, p. 39 et suivantes; G. I. Taylor a également, et à propos de la turbulence, démontré un théorème équivalent (*Proc. of Roy. Soc.*, A, 164, 1938, p. 476-490).

Ces corrélations se définissent *en principe* par le tenseur de de Karman ([3])

$$K = | R_{xy} |,$$

formé avec les neuf coefficients de corrélation de ces six variables prises deux à deux $(S_0^2 R_{xy} = \overline{u' v'_1})$. Moyennant certaines hypothèses d'isotropie, la connaissance de ce tenseur se ramène à celle d'*un seul coefficient* de corrélation R, c'est-à-dire, selon (3), à celle d'une *pseudo-longueur d'onde* λ, telle que

$$(4) \qquad \frac{4\pi^2}{\lambda^2} = \frac{\overline{u_x'^2}}{S_0^2} \qquad (x \text{ étant la direction PQ}).$$

Physiquement parlant, λ est la *dimension des microparticules turbulentes*.

b. dans le temps, par les corrélations entre

$$\left.\begin{array}{l} u,\ v,\ w \text{ à l'instant } t \\ u_2,\ v_2,\ w_2 \text{ à l'instant } t_1 \end{array}\right\} \text{au point P},$$

corrélations qui se résument par le *tenseur de corrélation au sens d'Euler*

$$E = | \rho_{xy} | \qquad (S_0^2 \rho_{xy} = \overline{u' v'_2}).$$

Avec certaines hypothèses d'isotropie, sa connaissance se ramène à celle d'un seul coefficient ρ, donc d'une *pseudo-période* τ, *telle que*

$$(5) \qquad \frac{4\pi^2}{\tau^2} = \frac{\overline{u_t'^2}}{S_0^2}.$$

3. *Corrélations* physiques *d'un fluide turbulent.* — Mais ce qui intervient dans les problèmes dynamiques et physiques (problèmes gouvernés par la diffusion), ce sont les corrélations

c. entre

$$\left.\begin{array}{l} u,\ v,\ w \text{ à l'instant } t \\ u_3,\ v_3,\ w_3 \text{ à l'instant } t_1 \end{array}\right\} \text{en suivant un élément matériel.}$$

Ces corrélations s'expriment par le *tenseur de corrélation au sens de Lagrange*

$$L = | r_{xy} | \qquad (S_0^2 r_{xy} = \overline{u' v'_3}).$$

Il peut se ramener à la connaissance d'un seul coefficient auquel corres-

---

([3]) De Karman and Howarth, *Proc. of Roy. Soc.*, A, 164, 1938, p. 192-215.

pond le temps de *persistance* θ, *tel que*

$$\frac{4\pi^2}{\theta^2} = \frac{\overline{\dot{u}'^2}}{S_0^2}, \tag{6}$$

$\dot{u}$ étant la dérivée aléatoire en suivant un élément matériel

$$\dot{u} = \dot{u}_t + u\dot{u}_x + v\dot{u}_y + w\dot{u}_z.$$

La corrélation physique semble difficile à atteindre directement par l'expérience. Par contre, elle peut s'exprimer au moyen de la *corrélation cinématique* entre la vitesse en P à l'instant t et la vitesse en Q à l'instant t_1, qui est entièrement accessible à l'expérience. Dans certains cas cette corrélation cinématique peut d'ailleurs s'exprimer au moyen des corrélations géométriques, et l'on a alors la formule

$$\frac{1}{\theta^2} = \frac{1}{\tau^2} + \frac{u_0^2 + S^2}{\lambda^2}, \tag{7}$$

grâce à laquelle il est facile de calculer le *coefficient de diffusion* $S_0^2\theta$ au moyen des éléments directement mesurables (u_0, S_0, τ, λ).

On retrouve le cas de la théorie cinétique des gaz en faisant τ infini (décoordination des vitesses moléculaires) et u_0 négligeable devant S_0.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la loi de variation de la force opposée par l'air à la translation d'un solide mobile.* Note [1] de MM. **Jean Villey** et **Raymond Jamin**, transmise par M. Paul Langevin.

On invoque encore très couramment la loi $F = kdV^2$, bien qu'elle soit un exemple typique des erreurs auxquelles conduit l'analyse dimensionnelle si l'on oublie l'une des variables qui peuvent intervenir dans la loi physique cherchée. L'état de l'air est défini, en effet, non pas par sa seule densité d, mais par les deux variables d et p (pression), et Sarrau a montré, il y a plus de cinquante ans, que l'analyse dimensionnelle prévoit alors la loi $F = kp\psi(V^2 d/p)$, c'est-à-dire aussi $F = kp\varphi(V^2/a^2)$, en désignant par $a = \sqrt{\gamma\, p/d}$ la vitesse du son dans l'air non perturbé.

L'observation de Sarrau [2] n'a pas retenu l'attention des techniciens,

---

(1) Séance du 20 février 1939.

(2) Elle a été formulée dans son cours à l'École Polytechnique, et signalée depuis lors par Dufrénois (*Revue d'Artillerie*, 87, mars 1921, p. 150).

pas plus que la démonstration donnée pendant de longues années, presque depuis la même époque, par Émile Picard dans son cours à l'École Centrale (³), et la loi incorrecte de proportionnalité au produit dV^2 a continué à être utilisée par les aérodynamiciens. Elle a même continué à servir de base aux balisticiens, avec un facteur de correction $f(V)$ qui s'avérait indispensable aux vitesses qu'ils envisagent : d'où la loi empirique $F = k\,dV^2 f(V)$.

Darrieus (⁴), sans connaître des observations antérieures (1910) de Bairstow et Booth et de lord Rayleigh (⁵), a signalé l'évidente nécessité de tenir compte de la vitesse propre d'agitation des molécules, dont la vitesse du son a est une mesure proportionnelle, et il a été conduit à modifier le facteur de correction en proposant la loi $F = k\,dV^2\psi(V/a)$.

Enfin Paul Langevin (⁴), consulté sur cette loi nouvelle, et observant que la relation $d = \gamma(p/a^2)$ permet de l'écrire sous la forme $F = kp\varphi(V/a)$, a montré qu'elle est alors une conséquence nécessaire des équations mêmes de l'Hydrodynamique des fluides compressibles de viscosité négligeable. C'est la démonstration directe de la forme de loi prévue par Sarrau, et que nous écrirons $F = kp\varphi(\alpha^2)$ en posant $V/a = \alpha$; elle a été pleinement confirmée par les vérifications expérimentales de Langevin, Vaillant et Saphores (⁴).

Les considérations d'homogénéité ne peuvent donner aucune indication sur la forme de la fonction $\varphi(\alpha^2)$. On ne peut que tenter des suggestions susceptibles d'être confrontées avec l'expérience.

Aux vitesses très inférieures à la vitesse du son, mais assez grandes pour que l'influence relative de la viscosité reste négligeable, la proportionnalité de F à V^2, c'est-à-dire à α^2, dans un air d'état donné, apparaît comme une très bonne approximation expérimentale. Il est intéressant de noter que cette loi empirique de variation de la résistance aérodynamique globale F (⁶) en fonction de la vitesse est la même que celle de sa composante élémentaire locale en un point de la surface où l'air subirait un entraînement isentropique total : la loi de Bernoulli donnerait en effet en ce point la surpression

$$P - p = \frac{1}{2} dV^2 = \frac{1}{2}\gamma\frac{p}{a^2}V^2 = \frac{\gamma}{2}p\alpha^2.$$

(³) Cf. *Bull. Sci. Math.*, 2ᵉ série, 61, 1937, p. 106.

(⁴) Mémoires de 1918, publiés dans le *Mémorial de l'Artillerie française* en 1922.

(⁵) *Scientific papers*, V. 534.

(⁶) Qui est la résultante de toutes les forces élémentaires $\mathfrak{P}\,ds$, c'est-à-dire aussi celle des forces partielles $(\mathfrak{P} - p)\,ds$, puisque la résultante des forces $p\,ds$ est nulle.

La concordance de ces deux lois ne semble guère susceptible d'être prévue *a priori*, car une valeur non nulle de la résistance globale F est essentiellement liée à l'anisentropie de l'écoulement dans une partie au moins des filets. Elle suggère néanmoins d'examiner expérimentalement si elle ne se poursuivrait pas dans le domaine des vitesses où la compressibilité de l'air commence à intervenir de façon sensible.

L'échauffement $(T - t)$ [7] produit par un entraînement total est déterminé par l'équation de conservation de l'énergie $1/2\, V^2 = C(T - t)$. On tire de là immédiatement, en tenant compte de $a^2 = \gamma p/d = \gamma R t$ et de $R = C - c$, la relation

$$\frac{T}{t} = \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2}\alpha^2\right).$$

Si cet entraînement est réalisé isentropiquement, l'augmentation corrélative $(P - p)$ de la pression est déterminée par la relation

$$\frac{P}{p} = \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2}\alpha^2\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}.$$

Lorsque α est plus petit que l'unité, on pourra utilement développer cette expression sous la forme

$$\frac{P}{p} = 1 + \frac{\gamma}{\gamma - 1}\,\frac{\gamma - 1}{2}\alpha^2 + \frac{\gamma}{\gamma - 1}\left(\frac{\gamma}{\gamma - 1} - 1\right)\frac{1}{2}\left(\frac{\gamma - 1}{2}\right)^2\alpha^4 + \ldots,$$

dont les deux premiers termes donnent bien la loi classique

$$P - p = p\,\frac{\gamma}{2}\alpha^2$$

des fluides incompressibles.

En prenant la valeur $\gamma = 1,4$, qui est une très bonne approximation pour l'air, cette relation donne

$$\begin{aligned} P - p &= p\,(0,7\,\alpha^2 + 0,175\,\alpha^4 + 0,0175\,\alpha^6 + \ldots) \\ &= 0,7\,p\,\alpha^2(1 + 0,25\,\alpha^2 + 0,025\,\alpha^4 + \ldots). \end{aligned}$$

Il serait intéressant d'étudier méthodiquement si ce même facteur

$$(1 + 0,25\,\alpha^2 + 0,025\,\alpha^4 + \ldots)$$

n'apporterait pas, aux vitesses où α^2 reste petit mais n'est plus négligeable devant l'unité [8], une correction avantageuse à la loi de résistance $F = k p \alpha^2$ du domaine de compressibilité négligeable.

---

(7) Températures absolues.

(8) Elles intéressent depuis longtemps les hélices, et sont maintenant atteintes par les avions eux-mêmes.

ASTRONOMIE. — *L'évolution des amas galactiques.*
Note [1] de M. **Henri Mineur**, transmise par M. Paul Langevin.

J'étudie ici l'évolution d'un amas en équilibre statistique conformément à la théorie que j'ai exposée dans une Note récente [2].

Il y a deux facteurs susceptibles de modifier un amas en équilibre :

a. Les étoiles galactiques qui traversent l'amas échangent de l'énergie avec les étoiles de celui-ci en cours des passages. Il y a au total échange d'énergie entre la galaxie et l'ensemble de l'amas qui reste en équilibre statistique. Pour connaître le sens de ces échanges d'énergie, il faut évaluer la température T_g de la galaxie et celle T_a d'un amas, la température étant prise ici au sens de la théorie cinétique comme égale à l'énergie moyenne par degré de liberté. Le calcul donne

$$T_g = 6.10^{-10}, \qquad T_a = 1,2.10^{-15} N^{\frac{2}{3}}$$

(unités : parsec, masse solaire, année),

N est le nombre des étoiles de l'amas, voisin de quelques centaines. Il résulte de là que $T_a \sim 10^{-4} T_g$ et que les amas jouent dans la galaxie le rôle de régions de très basse température. Dans le processus d'échange considéré ici, la voie lactée cède donc de l'énergie aux amas. Le calcul montre que l'énergie d'un amas varie de

$$\frac{dE_1}{dt} = \lambda N, \qquad \text{où} \quad \lambda = 5,76.10^{-24}.$$

b. Le second facteur d'évolution d'un amas réside dans l'évasion de ses étoiles. Le mouvement d'une étoile dans les régions extérieures de l'amas dépend de l'hamiltonien

$$2H = \rho^2 + (\alpha + \beta_{1e})\xi^2 + \beta_{2e}\eta^2 + (\alpha' + \beta_{3e})\zeta^2,$$

où α et α' sont les deux constantes du potentiel de gravitation de la galaxie définis dans notre précédente Note, et β_{ie} les coefficients du potentiel extérieur de l'ellipsoïde à axes inégaux auquel l'amas est assimilé.

L'étude des surfaces

$$(\alpha + \beta_{1e})\xi^2 + \beta_{2e}\eta^2 + (\alpha' + \beta_{3e})\zeta^2 = c$$

montre que celles-ci sont fermées si c est assez petit et admettent des nappes infinies si c est assez grand.

---

(1) Séance du 20 février 1939.
(2) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 775.

Il existe une valeur C pour laquelle la surface précédente admet un point conique défini par

$$\alpha+\beta_{1e}=0, \qquad \eta=0, \qquad \zeta=0.$$

Toute étoile qui traverse cette surface s'échappe de l'amas. On peut évaluer pour toutes les formes d'amas le nombre d'étoiles qui s'évadent ainsi dans l'unité de temps et la variation correspondante de l'énergie de l'amas :

$$\frac{1}{N}\frac{dN}{dt}=-\varepsilon\left(\frac{b}{a}\right), \qquad \frac{dE_2}{dt}=-e\left(\frac{b}{a}\right)\varepsilon\left(\frac{b}{a}\right)N^{\frac{5}{3}}.$$

Caractérisons un amas par

$$x=1-\frac{b}{a} \quad \text{et} \quad y=\log N,$$

on trouve que x et y sont des fonctions du temps qui vérifient le système

$$(1) \qquad \frac{dx}{dt}=A(x)-10^{-\frac{2}{3}y}B(x), \qquad \frac{dy}{dt}=-C(x),$$

où

$$A=\varepsilon\left(e+\frac{5}{3}E'\right)\frac{dx}{dE'}, \qquad B=\lambda\frac{dx}{dE'}, \qquad C=M\varepsilon.$$

L'intégration numérique du système (1) révèle les circonstances suivantes :

Les amas peu allongés tendent d'abord à se rapprocher de la forme sphérique, puis x passe par un minimum et tend vers 0,305 qui correspond à une forme d'équilibre instable. En même temps le nombre des étoiles de l'amas décroît.

Il est intéressant de calculer les intégrales du système (1) pour les valeurs négatives de t, on trouve ainsi que si t tend vers $-\infty$, x tend vers 0,25 et N grandit indéfiniment. $C(x)$ dépend peu de x et reste voisin de 4.10^{-9}, chaque fois qu'on remonte d'un milliard d'années dans le passé, le nombre des étoiles d'un amas est donc multiplié par 10^4.

Les calculs précédents ne peuvent être que des approximations, mais ils révèlent que les amas d'étoiles ont au plus environ un milliard d'années d'existence.

Ce résultat confirme l'échelle courte de l'âge de la voie lactée que j'avais obtenue par l'étude de l'équipartition de l'énergie ([3]) et qui supprime l'évolution stellaire.

([3]) *Astrophysical Journal*, 84, 1936, p. 113.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Photométrie photographique et colorimétrie de l'étoile double à éclipses* β Lyræ. Note (¹) de M. **Henri Grouiller**, présentée par M. Charles Fabry.

I. L'étoile β *Lyræ* est considérée comme le prototype d'une classe d'étoiles variables qui sont des binaires à éclipses, les deux composantes étant généralement des étoiles géantes ellipsoïdales très rapprochées tournant autour de leur centre de gravité commun.

La période des éclipses a sans cesse augmenté depuis la découverte par Goodricke, en 1874, de $12^j,79$ à $12^j,93$, et, en fait, les observations effectuées jusqu'à ce jour ne couvrent pas encore un intervalle de temps suffisant pour permettre de fixer la loi exacte de cette variation de période.

Le spectre est double et formé d'un spectre B8 ou B9 normal et d'un spectre B5*e* ou B2*e* très anormal qui rappelle celui des novæ et des étoiles du type *P Cygni* et qui, par suite, indiquerait la présence d'une enveloppe nébulaire en expansion. On a longtemps traité le système comme si l'éclipse principale était produite par l'occultation de l'étoile B9 par une étoile B5, mais on rencontrait de nombreuses difficultés relatives à l'interprétation correcte des données orbitales et spectrophotométriques. Otto Struve a récemment suggéré (*The Observatory*, 57, n° 724, 1934, p. 265) que l'étoile éclipsante devait être d'un type spectral au moins aussi avancé que A0, le spectre B5*e* étant alors attribué à l'enveloppe nébulaire dont le rôle serait plus ou moins indépendant de la révolution orbitale.

2. Les données spectrophotométriques et colorimétriques sur cette binaire étant encore très fragmentaires, malgré l'intérêt des renseignements qu'elles peuvent fournir sur la constitution du système, j'ai effectué deux séries parallèles d'observations photométriques par la méthode photographique de Charles Fabry, la première sur émulsion non chroma tisée Lumière Opta, utilisée sans écran, et la seconde sur émulsion panchromatique Agfa Isopan Super-Special associée à l'écran orangé Wratten n° 15.

Les deux courbes de lumière moyennes ainsi obtenues (*fig.* 1) résument respectivement 822 et 956 observations comportant chacune quatre poses

(¹) Séance du 20 février 1939.

alternées et croisées avec l'étoile γ *Lyræ* (Ao) comme étoile de comparaison.

Cette double série d'observations confirme le caractère souvent troublé

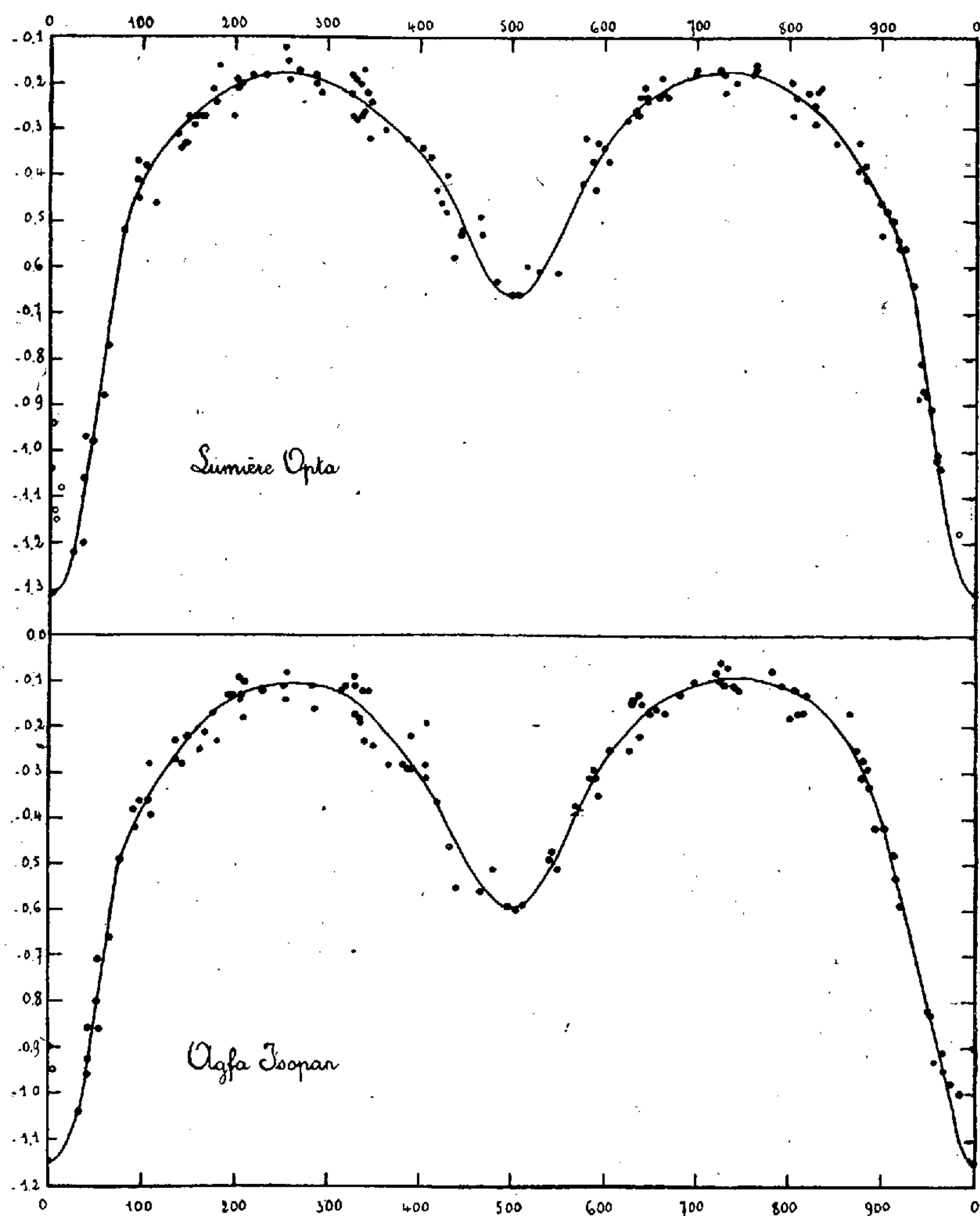


Fig. 1. — Courbes de lumière de β *Lyræ*, en bleu ($\lambda < 5100$ Å, Lumière Opta) et en rouge ($\lambda > 5100$ Å, Agfa Isopan). Mesures non corrigées de l'effet de Purkinje photographique. En abscisses, les phases en fractions de la période; en ordonnées, les différences de magnitude $M_\gamma - M_\beta$.

de la variation lumineuse, déjà signalé par divers observateurs, mettant toutefois plus spécialement en évidence une perturbation plus intense qui se présente vers le minimum principal et qui peut se traduire parfois par

un accroissement d'éclat accidentel de trois à quatre dixièmes de magnitude.

3. La comparaison des mesures effectuées dans les domaines spectraux différents (*fig.* 2), de longueurs d'onde effective 4500 et 6100Å, montre

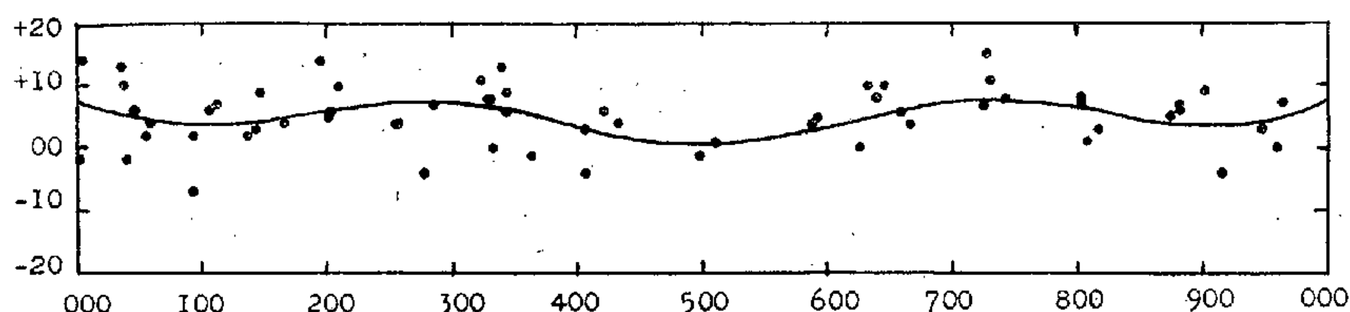


Fig. 2. — Variations colorimétriques de β *Lyræ*. En abscisses, les phases en fractions de la période; en ordonnées, les indices de coloration corrigés de l'effet de Purkinje photographique.

que la variation de coloration est faible pendant toute la révolution du système. L'indice de coloration moyen est voisin de $+ 0^m,05$, ce qui est en contradiction avec les types spectraux composants, mais d'accord avec les estimations de couleur qui l'ont généralement donné comme blanc jaunâtre ou même jaunâtre. La faible variation de couleur confirme cependant les observations d'Elvey et de Danjon (*Ann. Obs. Strasbourg*, 2, 1er fasc., 1928, p. 130) qui indiquaient le système plus bleu au minimum secondaire et plus rouge au minimum principal. Le corps qui éclipse l'étoile B9, au minimum principal, doit donc bien être d'un type spectral un peu plus avancé que A0, à moins qu'il ne s'agisse d'une étoile de spectre bien plus avancé et de faible brillance propre, mais dont l'atmosphère, sur la face exposée au rayonnement fortement ionisant de l'étoile B9, diffuserait celui-ci d'à peu près même manière pour toutes les longueurs d'onde.

GÉODÉSIE. — *Principale cause probable d'imperfection des nivellements modernes.* Note de M. **Jean Vignal**, présentée par M. Eugène Fichot.

I. *Précision des nivellements modernes.* — Nous avons précisé (1) la distinction fondamentale, due à M. Lallemand, entre les deux catégories d'erreurs affectant les nivellements, que nous avons suggéré d'appeler *pantophanes* et *apophanes*, et nous avons proposé des formules nouvelles pour en évaluer l'importance. Les résultats sont les suivants.

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 329 et 495.

L'erreur probable *pantophane* par kilomètre e_p a pu être abaissée aujourd'hui jusqu'à 1/3 ou 1/4 de millimètre.

Les erreurs *apophanes* sont loin d'avoir été à ce point réduites. On sait cependant éliminer les erreurs liées au sens de marche, qui comptent parmi elles; on y parvient notamment en inversant la direction des opérations le long de petits éléments successifs à peu près égaux du cheminement. Mais, malgré tous les progrès réalisés, l'erreur probable apophane par kilomètre e_a, calculée correctement, sur des distances assez longues ou des polygones assez étendus, paraît conserver une valeur résiduelle plutôt supérieure à 1^{mm}. Là réside la principale imperfection des nivellements modernes.

II. *Cause des erreurs apophanes résiduelles.* — L'échec des efforts entrepris pour diminuer encore ces erreurs apophanes résiduelles nous conduit à leur attribuer une cause indépendante des instruments et de la technique des visées, sinon de la méthode elle-même, comme nous l'allons voir. Nous les supposons dues à des *mouvements lents du sol.* Ces mouvements, dans les *régions stables*, s'effectueraient autour de *positions moyennes*, et seraient donc nettement distincts des mouvements continus ou semi-continus d'ascension ou d'affaissement affectant dans un même sens certaines *régions instables* durant de longues années : ils s'y superposeraient dans ces régions.

Il est clair que cette hypothèse explique qualitativement les propriétés des erreurs apophanes résiduelles des nivellements modernes. Pour en rendre compte quantitativement, on est conduit aux précisions numériques suivantes.

L'écorce peut se comporter soit comme une membrane souple, soit comme un assemblage de blocs indéformables : si, dans les deux cas, nous désignons sous le nom de *panneaux* les zones grossièrement animées d'un même mouvement d'ensemble (s'étendant à une ondulation de la membrane souple ou à un petit groupe de blocs indéformables contigus), la dimension linéaire moyenne Z_1 de ces panneaux serait de l'ordre de la distance limite Z au delà de laquelle les effets des erreurs apophanes des nivellements modernes deviennent purement accidentels. Elle avoisinerait quelques dizaines de kilomètres. Telle est aussi la dimension moyenne des *panneaux* mis en évidence au Japon (au sens ci-dessus), pour les mouvements beaucoup plus importants récemment étudiés là-bas, s'effectuant dans des régions instables, soit brusquement, soit de façon continue ou semi-continue.

La durée des oscillations serait d'au moins quelques semaines ou quelques mois.

Leur amplitude verticale totale serait de l'ordre du demi-centimètre, et par suite l'amplitude angulaire probable des mouvements du sol serait de l'ordre du demi-millimètre par kilomètre, c'est-à-dire du dixième de seconde sexagésimale.

Ainsi la différence de niveau entre deux repères oscillerait autour de sa valeur moyenne et, quand leur distance D croît de zéro jusqu'à la dimension linéaire moyenne Z_1 des panneaux, la valeur probable de l'oscillation croîtrait de zéro jusqu'à une valeur de l'ordre du demi-centimètre, pour cesser, dans les régions stables, en accord avec la théorie de l'isostasie, de croître avec D lorsque D excède Z_1.

III. *Élimination approchée des erreurs apophanes résiduelles.* — Si telle est bien la cause des erreurs apophanes résiduelles des nivellements modernes, les différences d'altitudes des divers points, à déterminer par le nivellement, sont celles des *positions moyennes* de ces points.

On les obtiendrait pratiquement en éliminant presque complètement les erreurs apophanes résiduelles, au moyen de la méthode suivante, dont nous proposons l'emploi dans les régions où un réseau de nivellement est à créer pour la première fois, ou à reconstituer entièrement. Le réseau à niveler serait divisé en *intervalles* très courts, de quelques kilomètres au plus, qui seraient par exemple les intervalles entre repères consécutifs. Le programme des opérations serait tel que des intervalles contigus ou voisins, distants de moins de 10 ou 20^{km}, seraient nivelés à des moments séparés par quelques semaines ou quelques mois. Aucune modification n'aurait par ailleurs à être apportée aux instruments et à la technique des visées en usage dans les bons nivellements modernes.

Dans ces conditions, l'influence des mouvements du sol serait rendue *accidentelle* sur les intervalles très courts choisis. La limite Z liée aux erreurs apophanes serait réduite à peu près à la longueur moyenne I de ces intervalles. En première approximation, comme on le voit sans peine, l'erreur probable apophane résiduelle par kilomètre e_a serait abaissée dans le rapport $\sqrt{I/Z_1}$. Il semble donc qu'on pourrait ainsi la rendre trois ou quatre fois plus petite, et par suite tripler la précision globale actuellement obtenue.

IV. *Estimation de l'importance des mouvements du sol.* — Inversement, les valeurs trouvées pour l'erreur probable apophane résiduelle par kilomètre e_a, en diverses régions stables, au moyen d'une des méthodes

actuelles de nivellement, la même pour ces régions, fourniraient une estimation de l'importance comparée en ces régions des oscillations du sol.

On trouvera dans un autre Recueil de plus amples détails sur la cause attribuée ci-dessus aux erreurs apophanes résiduelles, et les moyens d'éliminer ces erreurs.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Intégration des équations du mouvement d'une particule électrisée de masse variable, assujettie à l'action des champs électriques et magnétiques quelconques.* Note [1] de M. **Isaac Opatowski**, présentée par M. Henri Villat.

Soient e une charge électrique de *masse* $m(v)$, *fonction quelconque de la vitesse* v, **E** et **H** respectivement les champs électrique et magnétique. Posons $e\mathbf{E} = -\operatorname{grad} V$, $ec^{-1}\mathbf{H} = \operatorname{grad} U$, c étant la vitesse de la lumière. L'équation du mouvement est alors, dans le système de mesure de Lorentz [2], **v** étant le vecteur de la vitesse,

$$\frac{d(m\mathbf{v})}{dt} = -\operatorname{grad} V + \mathbf{v} \wedge \operatorname{grad} U. \tag{1}$$

($\wedge$, $\times$ sont les symboles des produits vectoriel et scalaire). En multipliant (1) par $\times\,\mathbf{v}$ on obtient

$$\mathbf{v} \times \frac{d(m\mathbf{v})}{dt} = -\operatorname{grad} V \times \mathbf{v} = -\operatorname{grad} V \times \frac{dP}{dt} = -\frac{dV}{dt}.$$

L'intégration des membres extrêmes de cette relation donne [3]

$$\boxed{mv^2 - I + V = \text{const.}, \qquad \text{où} \qquad I = \frac{1}{2}\int m\, dv^2}. \tag{2}$$

Soient $W(P)$ et $\mathbf{u}(P)$ deux fonctions telles que

$$\operatorname{grad} W = \mathbf{u} \wedge \operatorname{grad} U. \tag{3}$$

En multipliant (3) par $\times \operatorname{grad} U$ on obtient $\operatorname{grad} W \times \operatorname{grad} U = 0$, c'est-

(1) Séance du 20 février 1939.

(2) *Encykl. d. Math. Wiss.*, V. 2, p. 85-87 et p. 156; W. Pauli Jr., *ibid.*, p. 634.

(3) Dans la dynamique de masse variable, I est en relation avec l'énergie cinétique, voir C. Somigliana (*Rendic. Accad. Lincei*, 13, 1931, p. 804-809.)

à-dire que $W = \text{const.}$ et $U = \text{const.}$ sont deux familles des surfaces orthogonales. Il y a une infinité de fonctions W. Le vecteur **u** est déterminé en fonction de W

$$(4) \qquad \mathbf{u} = \frac{\operatorname{grad} U \wedge \operatorname{grad} W}{|\operatorname{grad} U|^2},$$

comme il est aisé de le vérifier en substituant (4) dans (3). D'autre part le produit de (1) par $\times\,\mathbf{u}$ donne (nous supposons **E** et **H** indépendants du temps)

$$(5) \qquad \frac{d(\mathbf{u} \times m\mathbf{v})}{dt} = -\,\mathbf{u} \times \operatorname{grad} V + \mathbf{v} \wedge \operatorname{grad} U \times \mathbf{u}.$$

Mais le dernier terme est, d'après (3),

$$\mathbf{v} \times \operatorname{grad} U \wedge \mathbf{u} = -\,\mathbf{v} \times \operatorname{grad} W = -\frac{dW}{dt},$$

et (5) donne

$$(6) \qquad \boxed{\mathbf{u} \times (m\mathbf{v} + t \operatorname{grad} V) + W = \text{const.}}\,.$$

L'intégrale (2) *et deux intégrales* (6) *déterminent le mouvement du corpuscule d'une manière complète, en réduisant le problème à la recherche de deux familles des surfaces* $W = \text{const.}$, *orthogonales aux surfaces équipotentielles du champ magnétique.* Pour des classes de champs potentiels très étendues j'ai déterminé les fonctions W explicitement [4], dont j'ai fait des applications au problème ici traité. Quand les potentiels V et U sont plans ou symétriques autour d'un axe, l'intégrale (6) se réduit à celle trouvée par M. T. Boggio [5].

L'équation (1) est du type $d(m\mathbf{v})/dt = \mathbf{F}$. On en déduit la formule variationnelle de Hamilton, par les mêmes raisonnements que dans la mécanique classique de masse constante

$$(7) \qquad \int_{t_0}^{t} (\delta I + \mathbf{F} \times \delta P)\, dt = 0, \qquad \text{où} \qquad I = \frac{1}{2}\int m.dv^2,$$

δP étant un déplacement virtuel de P assujetti à la condition d'être nul pour deux valeurs quelconques de t : t_0 et t_1. Pour notre problème, on

---

(4) I. Opatowski, *Atti Accad. Scienze Torino*, 68, 1932-1933, p. 135-146; *Philosophical Magaz.*, 7e série, 15, 1933, p. 849-850; *Rendic. Accad. Lincei*, 6e série, 17, 1933, p. 1049-1054, et 18, 1933, p. 18-25; *Memor. Accad. Lincei*, 6e série, 6, 1936, p. 327-351; *Atti I Congresso Unione Matem. Italiana*, Bologna, 1938, p. 387-390.

(5) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1189-1190.

déduit de (7), de la même façon qu'il a été fait par M. T. Levi-Civita ([6]) et T. Boggio ([7]) dans le cas de m constant

$$(8)\qquad \delta\int_{t_0}^{t_1} \mathrm{L}.dt = 0, \quad \text{avec} \quad \mathrm{L} = \mathrm{I} - \mathrm{V} - \mathbf{f}\times\mathbf{v}, \quad \text{où} \quad \mathrm{rot}\,\mathbf{f} = -\,\mathrm{grad}\,\mathrm{U}.$$

En adoptant les coordonnées cartésiennes x_i on démontre aisément que (2) est l'*intégrale de l'énergie* $\sum_i \dot{x}_i.\partial\mathrm{L}/\partial\dot{x}_i - \mathrm{L} = \mathrm{const.}$

En conséquence de (3), on a $\mathrm{grad}\,\mathrm{W}\times\mathbf{u} = 0$, ce qui donne

$$\mathrm{grad}\,\mathrm{U} = \mathrm{grad}\,\mathrm{W} \wedge \frac{\mathbf{u}}{u^2},$$

comme on le vérifie aisément à l'aide de (3). S'il existe une fonction α telle que $\mathbf{u}/u^2 = \mathrm{grad}\,\alpha$, on a $\mathrm{rot}\,\mathbf{f} = -\,\mathrm{grad}\,\mathrm{U} = \mathrm{grad}\,\alpha \wedge \mathrm{grad}\,\mathrm{W}$ et $\mathbf{f} = \alpha\,\mathrm{grad}\,\mathrm{W}$, ce qui détermine la fonction de Lagrange L à l'aide de (8).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'existence d'un quantum élémentaire de longueur.* Note de M. **Jean Mariani**, présentée par M. Louis de Broglie.

On sait que la théorie des corpuscules matériels élémentaires exige l'introduction d'un quantum élémentaire de longueur $a \sim 10^{-13}$ cm. (rayon de l'électron ou dimension des noyaux légers), qui ne peut pas être interprété dans les conceptions actuelles; en particulier, la géométrie euclidienne utilisée dans notre représentation des noyaux atomiques ne prévoit pas l'existence d'une telle longueur minima; il peut dès lors sembler avantageux de s'adresser à une géométrie métrique qui renferme en elle-même une telle limitation; en se bornant à l'approximation newtonienne, où le temps est considéré comme universel et absolu, on peut admettre que l'intervalle d'univers ds valable à l'intérieur du domaine occupé par les particules élémentaires est donné par

$$(1)\qquad ds^2 = c^2\,dt^2 - \frac{1}{1-\dfrac{r^2}{a^2}}\,dr^2 - r^2(\sin^2\theta\,d\varphi^2 + d\theta^2);$$

([6]) *Archiv for Mathem. og Naturvidenskab*, **31**, 1911, p. 1-7.
([7]) *Bollett. Unione Matem. Italiana*, **17**, 1938, p. 236.

il est donc semblable au ds^2 de la cosmologie einsteinienne; l'espace occupé par la particule de rayon a est un espace sphérique dont a est le rayon de courbure; on voit que les trajectoires susceptibles d'être parcourues par les éléments matériels contenus dans cet espace se referment à l'intérieur de ce dernier, en sorte que la stabilité des corpuscules élémentaires est expliquée; le ds^2 relatif à l'espace extérieur aux particules sera défini par

$$ds^2 = c^2\,dt^2 - \frac{1}{1 - \frac{a^2}{r^2}}\,dr^2 - r^2(\sin^2\theta\,d\varphi^2 + d\theta^2); \tag{2}$$

on voit que, pour que la longueur portée radialement soit réelle, il faut que r soit toujours plus grand que a; il n'est donc pas possible de pénétrer à l'intérieur de la particule élémentaire.

θ et φ sont les coordonnées angulaires usuelles de la géométrie euclidienne, r est la distance comptée euclidiennement et qui est nécessairement toujours plus grande que a; les deux expressions (1) et (2) pour le ds^2 se raccordent à la frontière.

Posons $\theta = \text{const.}$, $\varphi = \text{const.}$ et faisons la substitution

$$d\rho = \frac{dr}{\sqrt{1 - \frac{a^2}{r^2}}} \tag{3}$$

dans (2), ce qui permet de le ramener à la forme euclidienne; la transformation (3) est analogue à celle qu'on tire du groupe de Lorentz, sauf que nous avons affaire à la constante géométrique a au lieu de la constante cinématique c et que a figure dans (3) au numérateur de $\beta^2 = a^2/r^2$, en tant que limite inférieure; pour le ds^2 intérieur (1), on aurait au contraire

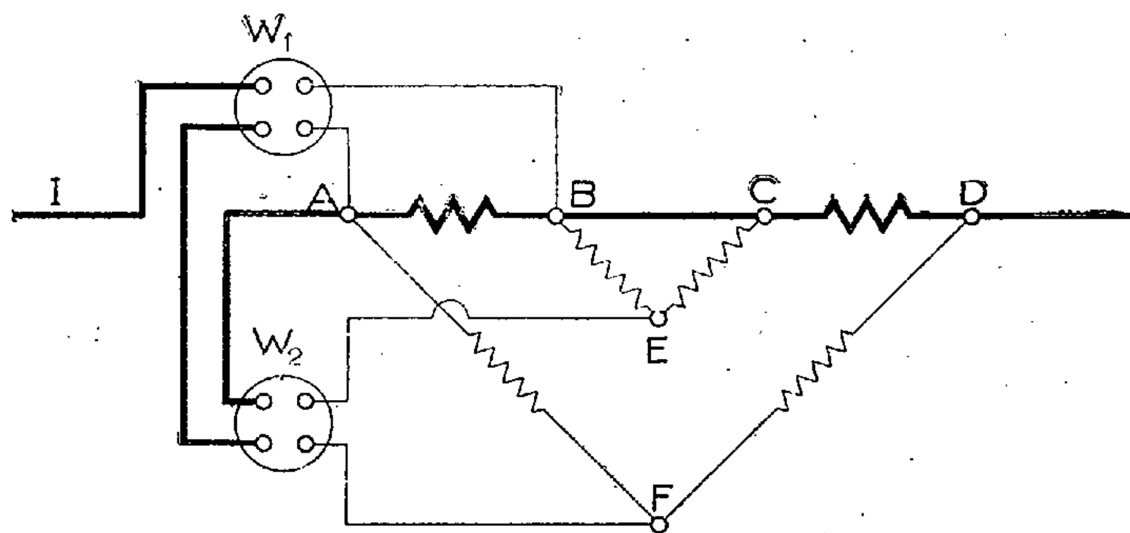
$$d\rho = \frac{dr}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{a^2}}}, \tag{4}$$

formule tout à fait semblable à celle de Lorentz; la forme du ds^2 (2) implique l'existence d'un champ de forces géométriques, sans relation avec le champ de gravitation d'Einstein, que l'on peut appeler le *champ nucléaire;* ce champ est toujours attractif et le même pour toutes les particules élémentaires.

CHALEUR. — *Nouvelle méthode de mesure des chaleurs spécifiques vraies des métaux à haute température.* Note (¹) de MM. **Louis Néel** et **Bernard Persoz**, transmise par M. Pierre Weiss.

La méthode électrique de mesure des chaleurs spécifiques vraies s'applique à des fils métalliques d'une manière particulièrement simple (²). Cependant les corrections dues aux pertes de chaleur atteignent 20 pour 100 dès 400° C. Il est possible de ramener ces corrections à 1 pour 100 environ vers 1000° C., en réduisant le temps de chauffage à $0^s,1$ et en utilisant le fil lui-même comme thermomètre à résistance.

Le fil AB à étudier (diamètre $0^{mm},5$, longueur 10^{cm}) est placé dans un four porté à la température θ_0 où l'on désire faire la mesure de chaleur spécifique. L'énergie envoyée dans le fil au moyen d'un courant intense de courte durée, établi et coupé par un interrupteur approprié, est mesurée avec un wattmètre W_1 construit spécialement, utilisé comme balistique. L'élévation de température (10° à 80°) est déterminée de la manière suivante. Le fil constitue la branche AB d'un double pont de Thomson, dont



la branche CD est constituée par une résistance de référence *constante*. Le pont est équilibré avant le passage du courant de chauffe, de sorte que la différence de potentiel en EF est proportionnelle au produit de l'intensité I du courant principal par l'augmentation de résistance de l'échantillon. Le circuit volts d'un second wattmètre balistique est placé sur cette diago-

(¹) Séance du 20 février 1939.
(²) Lapp, *Ann. de Physique*, 12, 1929, p. 442.

nale, tandis que le circuit ampères est traversé par le courant principal I. Soient W_1 et W_2 les énergies mesurées par le premier et le second wattmètre, et p une fonction de la résistance R de l'échantillon, voisine de $1/R\,dR/d\theta$ lorsque l'élévation de température $\theta_1 - \theta_0$ est petite; un calcul simple montre que la capacité calorifique moyenne M de l'échantillon entre θ_1 et θ_0 est

$$M = \frac{1}{2}\frac{K}{J}p\frac{W_1^2}{W_2},$$

où J est l'équivalent mécanique de la calorie.

La constante K, qui dépend du pont, se détermine en étalonnant le deuxième wattmètre, par l'introduction d'une différence de potentiel connue dans l'une des branches du pont. Avant chaque mesure de chaleur spécifique, on mesure la résistance R du fil, et l'on obtient ainsi la variation thermique de R nécessaire pour calculer p.

Le fil est placé dans une enceinte de fer massif destinée à définir sa température initiale, mesurée avec un couple thermo-électrique Pt, Pt-Rh, dont la soudure est fixée par une vis sur l'enceinte. Les prises de tension sont constituées par des pinces à couteaux. Il est inutile de faire le vide dans l'enceinte, il suffit d'éliminer l'oxygène avec un peu de manganèse en poudre placé à l'intérieur du four qui doit être étanche.

Cette méthode donne une précision de 1 à 2 pour 100 jusqu'à 1000°C. Elle a été appliquée au cuivre, au nickel et au platine. Si le fil est ferromagnétique et au-dessous du point de Curie, le champ magnétique produit par le courant I oriente transversalement l'aimantation des domaines élémentaires et modifie appréciablement la résistance du fil. La méthode est inapplicable, à moins de fixer l'aimantation par un champ magnétique auxiliaire produit par des bobines extérieures.

OPTIQUE. — *Théorie du photodichroïsme transversal.*
Note [1] de M. **Serge Nikitine**, transmise par M. Pierre Weiss.

J'ai donné le principe de la théorie du photodichroïsme [2] et l'ai développée dans le cas où, la lumière d'insolation se propageant parallèlement à oz et son vecteur électrique $\vec{e}$ vibrant suivant ox, l'observation du

[1] Séance du 20 février 1939.
[2] *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 973.

photodichroïsme après l'insolation était faite avec un faisceau parallèle à oz ([3]). Je voudrais appliquer ici le même principe ([2]) à la théorie des phénomènes observables quand le photodichroïsme est mesuré parallèlement à oy, c'est-à-dire à angle droit de oz, direction de propagation de la lumière d'insolation ([4]). Pour le reste, les hypothèses et notations seront les mêmes que précédemment ([2])([3]), et je supposerai, pour simplifier, que les oscillateurs associés à l'absorption de la lumière par les molécules étudiées sont linéaires, initialement orientés au hasard dans un milieu isotrope et transparent.

1° *Cas où $\vec{e}$ est parallèle à ox.* — Le photodichroïsme mesuré suivant oy est le même que celui qu'on observerait suivant oz. On a, en effet,

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} K_x^0 &= \frac{3}{2\pi}\int_0^\pi\int_0^\pi e^{-\tau\sin^2\beta\cos^2\alpha}\sin^3\beta\cos^2\alpha\,d\beta\,d\alpha,\\ K_z^0 &= \frac{3}{2\pi}\int_0^\pi\int_0^\pi e^{-\tau\sin^2\beta\cos^2\alpha}\cos^2\beta\sin\beta\,d\beta\,d\alpha.\end{aligned}\right.$$

On voit que K_x^0 a la valeur trouvée précédemment ([3]) et que K_z^0 admet le même développement que celui trouvé pour K_y^0 ([3])

$$(2)\quad K_z^0 = 3\left\{\frac{1}{3} - \frac{1}{3.5}\tau + \frac{1}{5.7}\frac{\tau^2}{2!} - \ldots\right\}.$$

2° *Cas où $\vec{e}$ est parallèle à oy.* — On a, dans ce cas,

$$(3)\quad \left\{\begin{aligned} K_x^0 &= \frac{3}{2\pi}\int_0^\pi\int_0^\pi e^{-\tau\sin^2\beta\sin^2\alpha}\sin^3\beta\cos^2\alpha\,d\beta\,d\alpha,\\ K_z^0 &= \frac{3}{2\pi}\int_0^\pi\int_0^\pi e^{-\tau\sin^2\beta\sin^2\alpha}\cos^2\beta\sin\beta\,d\beta\,d\alpha.\end{aligned}\right.$$

Ces intégrales admettent toutes deux le même développement (2).

On n'observe pas de dichroïsme suivant oy, mais seulement un pâlissement.

3° *Cas où $\vec{e}$ est perpendiculaire à oz; la lumière d'insolation est naturelle.* — On montre que la probabilité moyenne d'excitation d'un oscillateur

([3]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1219; 207, 1938, p. 331; voir aussi G. Ungar, *Zs. phys. Chem.*, B, 38, 1938, 427.

([4]) F. Weigert, *Ann. der Phys.*, 63, 1920, p. 681.

linéaire est simplement $\tau' \sin^2\beta$, où $\tau = 2\tau'$ ([3]); on en déduit

$$(4)\qquad \left\{\begin{aligned} K_x^0 &= \frac{3}{2\pi}\int_0^\pi\int_0^\pi e^{-\tau'\sin^2\beta}\sin^3\beta\cos^2\alpha\,d\beta\,d\alpha,\\ K_z^0 &= \frac{3}{2\pi}\int_0^\pi\int_0^\pi e^{-\tau'\sin^2\beta}\cos^2\beta\sin\beta\,d\beta\,d\alpha.\end{aligned}\right.$$

Ces intégrales peuvent être développées en séries

$$(5)\qquad \left\{\begin{aligned} K_x^0 &= 1 - \frac{4}{5}\tau' + \frac{4.6}{5.7}\frac{\tau'^2}{2!} - \frac{4.6.8}{5.7.9}\frac{\tau'^3}{3!} + \ldots,\\ K_z^0 &= 1 - \frac{2}{5}\tau' + \frac{2.4}{5.7}\frac{\tau'^2}{2!} - \frac{2.4.6}{5.7.9}\frac{\tau'^3}{3!} + \ldots\end{aligned}\right.$$

On voit d'après ces développements que *l'insolation en lumière naturelle engendre un photodichroïsme observable transversalement*. Ce photodichroïsme s'écrit d'ailleurs, en posant $\cos\beta = u$,

$$(6)\qquad K_x^0 - K_z^0 = \frac{3}{4\tau}\left[e^{-\tau'}\frac{(2\tau'+3)}{2}\int_{-1}^{+1} e^{\tau' u^2}\,du - 3\right].$$

Le crochet peut être calculé par des formules approchées ou développées en série. Il est négatif, de sorte que $K_z^0 > K_x^0$. Pour τ' petit on peut utiliser le développement

$$(7)\qquad K_x^0 - K_z^0 = -\frac{2}{5}\tau' + \frac{4.4}{5.7}\frac{\tau'^2}{2!} - \frac{6.4.6}{5.7.9}\frac{\tau'^3}{3!} + \ldots,$$

dont le premier terme est identique à celui du développement trouvé pour le photodichroïsme observable suivant oz ([2]) ([3]). Pour τ' grand le calcul montre que le photodichroïsme transversal (6) (7) est plus petit que le photodichroïsme obtenu par insolation en lumière polarisée. Le rapport des valeurs maxima obtenues pendant une insolation dans ces deux cas différents est de l'ordre de 3/4. On peut généraliser les formules obtenues ci-dessus en introduisant l'hypothèse d'un oscillateur électrique spacial au lieu d'un oscillateur linéaire, comme je l'ai fait précédemment ([3]).

Au point de vue expérimental il peut être avantageux de produire le photodichroïsme par insolation en lumière naturelle dans le cas où il est souhaitable d'avoir une intensité d'insolation très forte. On peut également, en utilisant une couche mince et large, éviter les effets, d'ailleurs peu gênants, de la répartition en profondeur du colorant signalés précédemment ([3]) et étudiés plus en détail par G. Ungar ([5]).

([5]) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 337.

Mais les couches d'épaisseur suffisante pour ces expériences sont généralement soit inhomogènes, soit de consistance gélatineuse; le photodichroïsme produit disparaît progressivement à cause de l'agitation des molécules du colorant.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur un radioélément gazeux formé dans l'uranium bombardé par les neutrons.* Note de M. **Paul Savitch**, transmise par M. Paul Langevin.

Le bombardement de l'uranium par les neutrons donne naissance à plusieurs radioéléments artificiels, qui ont été déjà l'objet de nombreuses études (1). Je signale ici l'existence d'un nouvel élément radioactif émetteur β formé dans les mêmes conditions, de périodes d'environ 20 minutes et qui est un gaz dont la nature chimique n'a pu encore être établie.

Sa présence a été décelée en utilisant une propriété bien connue des tubes à rayons X, où les pellicules métalliques obtenues par évaporation cathodique peuvent occlure les gaz à basse pression.

L'uranium, purifié au préalable de ses successeurs radioactifs naturels, est disposé sous forme d'oxyde dans un ballon de 50^{cm^3} en verre; un très bon vide est réalisé dans ce récipient où sont soudées deux électrodes, l'une une feuille mince d'aluminium, l'autre une pointe en tungstène.

Pendant la durée de l'irradiation de l'oxyde d'urane (par une source de radon-glucinium, de 700 millicuries en moyenne), on fait passer la décharge entre les deux électrodes; si l'on retire ensuite la feuille d'aluminium, elle présente une activité supérieure à celle que l'on obtient par irradiation en absence d'uranium; en déduisant cette activité propre à l'aluminium, on obtient une période voisine de 20 min.; la quantité de ce radioélément formée dépend de l'intensité de la source de neutrons.

La nature gazeuse de ce radioélément est confirmée dans un autre dispositif expérimental, par sa condensation sur du charbon actif refroidi à l'air liquide; ce charbon se trouve à une distance d'une vingtaine de centimètres de l'uranium à l'extrémité d'un tube à angle droit, soudé au ballon et contenant du coton de verre.

Les conditions géométriques du dispositif ne permettent pas l'arrivée au

(1) J. Curie et P. Savitch, *Journ. de Phys. et Radium*, 9, 1938, p. 355; O. Hahn et F. Strosmann, *Naturw.*, 26, 1938, p. 755; 27, 1939, p. 11.

charbon actif des atomes projetés par recul au cours de l'explosion des noyaux d'uranium, dont l'existence a été découverte récemment (²); car il faudrait de nombreuses réflexions sur les parois du tube, ce qui est improbable.

On augmente l'activité absorbée par le charbon, en chauffant le récipient pour faciliter le dégagement du gaz occlus sur les parois et dans l'uranium. Si l'on opère à froid, l'activité est encore mesurable, ce qui montre que l'on n'a pas affaire à un élément facilement sublimable.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Observation par la méthode de Wilson des trajectoires de brouillard des produits de l'explosion des noyaux d'uranium.* Note (¹) de M. **Frédéric Joliot**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai donné, par une méthode de recul (²), la preuve expérimentale de la rupture explosive des noyaux U et Th sous l'action des neutrons. Frisch, par une méthode employant l'amplificateur proportionnel, a montré indépendamment l'émission de rayons très ionisants par une surface d'U irradiée par les neutrons (³).

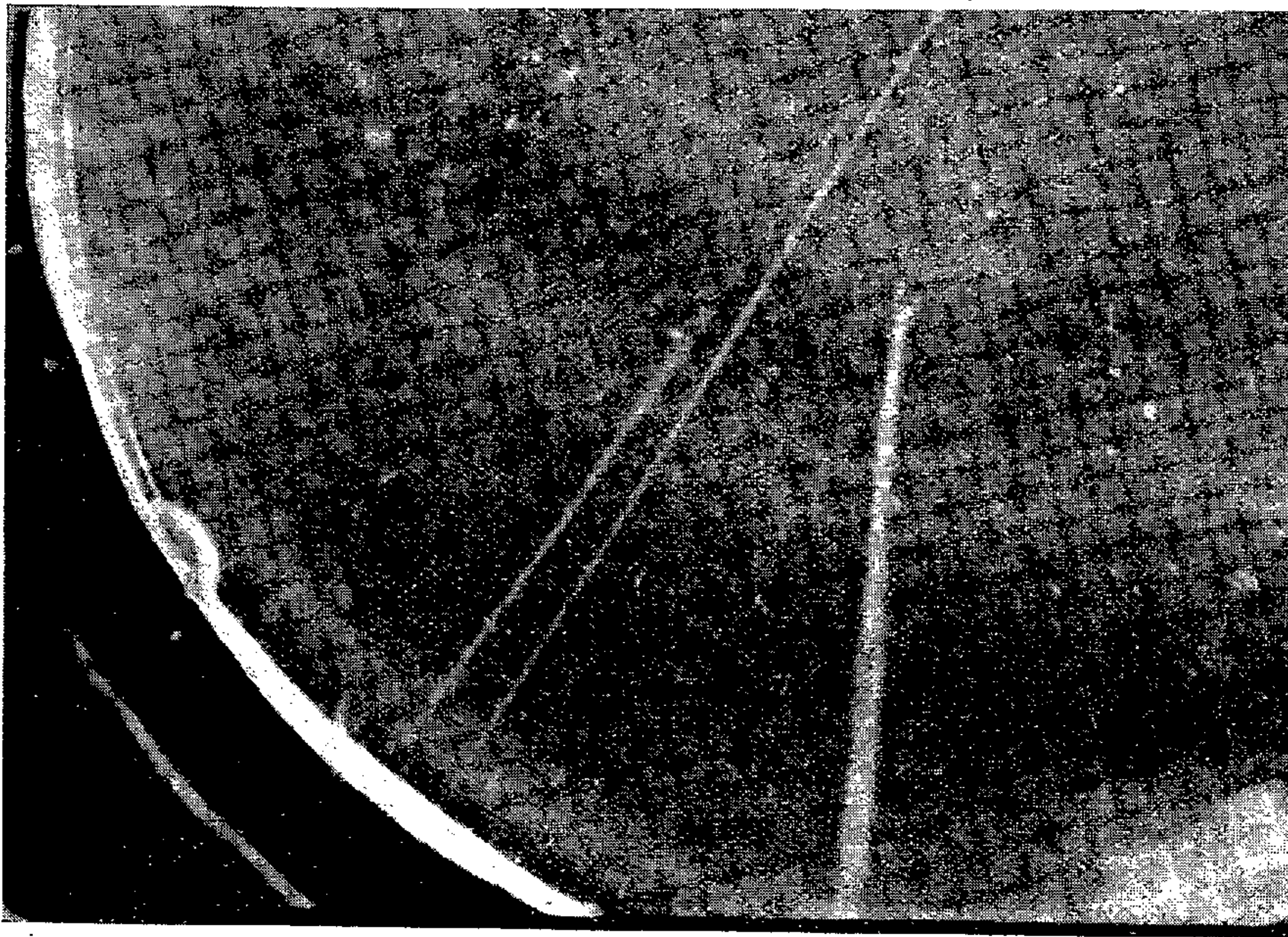
Ces explosions donnent naissance à des atomes radioactifs, projetés avec une grande énergie cinétique, qui peuvent être recueillis sur un support. La courbe de décroissance de l'activité déposée sur le support est très semblable à celle que les chimistes ont observée dans l'uranium irradié par les neutrons. Tenant compte des recherches sur les propriétés chimiques déjà faites, il est raisonnable d'admettre que les masses des atomes projetés sont pour la plupart compris entre 50 et 150. Je voudrais ici donner d'abord quelques précisions sur l'intensité du phénomène dans le cas de U. Dans les conditions expérimentales déjà décrites (²), le cylindre couvert d'oxyde d'urane a une surface de 25^{cm^2}. L'activité mesurée du cylindre de bakélite ayant reçu les produits de l'explosion, entourant un compteur G. M., est initialement de 150 coups-minute lorsque U a été irradié pendant 2,5 heures avec une source de 700 millicuries de Rn + Be

(²) F. Joliot, *Comptes rendus,* 208, 1939, p. 341; O. R. Frisch, *Nature,* 143, 1939, p. 276.

(¹) Séance du 20 février 1939.
(²) *Comptes rendus,* 208, 1939, p. 341.
(³) *Nature,* 143, 1939, p. 275.

placée suivant l'axe des cylindres. Étant donné les dispositions géométriques, 1 coup au compteur correspond à environ 10 désintégrations des atomes du support. On peut ainsi calculer que chaque centimètre carré d'urane émettrait 60 atomes par seconde si la saturation pour l'activité au support était atteinte.

Ce nombre est certainement trop petit, la saturation n'étant pas atteinte avec une durée d'irradiation de 2,5 heures, puisque l'on sait qu'il se forme des corps de période beaucoup plus longue. Cette limite inférieure du flux



d'atomes projetés était suffisante pour espérer photographier par la méthode de Wilson les trajectoires, dans le gaz de la chambre, de ces atomes. Un calcul très approximatif montrait qu'en travaillant à pression réduite du gaz de la chambre et en disposant d'une source de 300 millicuries Rn + Be irradiant une surface de 12^{cm^2} UO^2, on pourrait observer au moins une trajectoire d'atome projeté pour 3000 détentes. J'ai déjà montré ([4]) qu'à condition d'effectuer les détentes à une pression inférieure à 20^{cm} Hg, il était possible d'observer les trajectoires de particules très ionisantes malgré le brouillard dense dû à la présence d'une source très intense de

([4]) *Journ. de Phys.*, 5, 1934, p. 216.

rayons γ placée contre la paroi de la chambre. J'ai fait l'expérience en utilisant une source de 350 millicuries de Rn + Be filtrée par 2^{cm} de Pb placée contre la paroi de la chambre. Une bande de papier de 6×2^{cm} couverte de UO^2 était placée à l'intérieur de la chambre, l'angle solide d'irradiation étant $2\pi/7$. La pression initiale d'air était de 18^{cm} Hg, le degré de détente 1,6 et le temps d'efficacité 5/1000 de seconde.

Sur 902 clichés portant 2500 trajectoires α de U, une trajectoire de grande densité d'ionisation, attribuable à un atome projeté lors de l'explosion de U, a été photographiée. Le rayon atomique effectue un parcours de 9^{mm} ramené à la pression atmosphérique, et il a pris naissance très probablement dans une courbe relativement profonde de UO^2. Sur le même cliché, on aperçoit des rayons α d'âges différents émis par U; approximativement, l'atome projeté est quatre fois plus ionisant que les rayons α.

Si l'on admet que la masse de cet atome est 100, on calcule que sa charge moyenne est environ $+3e$, et son énergie cinétique à la sortie de U est de l'ordre de 10 MeV.

J'admets, pour ces calculs, pour les rayons α et les atomes projetés la validité de la formule $R = k[E^{3/2}/(m^{1/2}e^2)]$, dans laquelle R est le parcours des rayons d'énergie E de masse m et de charge moyenne e. On aperçoit enfin le long de la trajectoire principale deux ou trois petites trajectoires d'atomes du gaz projetés.

Si l'on admet que le parcours maximum des produits de l'explosion de U est de l'ordre de 3^{cm} (²) et que la charge moyenne est $3e$, l'énergie cinétique initiale du projectile est au moins 35 MeV, puisque la charge moyenne sur la totalité du parcours est probablement supérieure à $3e$ de 1 ou 2 unités.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Les transmutations des noyaux légers et leur interprétation théorique*. Note de M. **Théodore Kahan**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les tentatives faites par divers théoriciens en vue d'expliquer les phénomènes de résonance nucléaire n'ont pu rendre compte, ni de l'absorption sélective des neutrons lents, ni de leur faible diffusion élastique. C'est pourquoi Bohr a été amené à penser que l'hypothèse fondamentale concernant la probabilité de choc élastique, considérée du point de vue du problème de deux corps, ne peut être maintenue lorsqu'il s'agit des

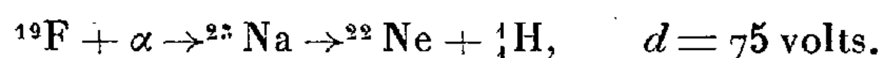
noyaux. Lors d'un choc entre un noyau et un hélion, par exemple, celui-ci entre en interaction intime et intense avec un grand nombre de particules nucléaires en formant un noyau composé, et l'énergie de l'agent de bombardement finit par être répartie parmi celles-ci. Dans l'esprit de Bohr, en raison de cette interaction à faible rayon d'action, le couplage entre les particules du noyau composé est tellement intime que la désintégration de celui-ci doit être considérée comme un événement séparé, indépendant de la première phase du processus de choc. L'événement final dépend donc de l'issue de la compétition entre tous les processus de transmutation du système composé : particule initiale + noyau percuté.

Pour calculer la structure des niveaux d'un noyau (espacement et largeur des niveaux ainsi que leur variation avec l'énergie), Bohr et Kalckar supposent que l'interaction entre les particules nucléaires est grande vis-à-vis de leur énergie cinétique. Le noyau peut alors être assimilé, en première approximation, à une goutte de fluide incompressible, la distance entre particules voisines restant constante : le problème prend ainsi un aspect statistique.

Or si l'on calcule, en s'appuyant sur ces conceptions, l'espacement de niveaux nucléaires $d(\mathrm{U})$ (fonction de l'énergie U) correspondant aux noyaux légers, à partir de l'expression

$$d(\mathrm{U}) = \mathrm{T}\sqrt{\frac{2\pi\, d\mathrm{U}}{d\mathrm{T}}}\,\exp.[-\mathrm{S}(\mathrm{U})] \qquad (\text{T, température nucléaire; S, entropie}),$$

on trouve, par exemple, dans le cas de la réaction,



$$^{19}\mathrm{F} + \alpha \rightarrow {}^{23}\mathrm{Na} \rightarrow {}^{22}\mathrm{Ne} + {}^{1}_{1}\mathrm{H}, \qquad d = 75 \text{ volts}.$$

L'expérience indique deux niveaux de résonance, correspondant à des énergies d'hélions incidents E_α de 3,7 et 4,1 MeV, ce qui donne pour l'énergie d'excitation $\mathrm{U} = (\mathrm{M_F} + \mathrm{M}_\alpha - \mathrm{M_{Na}})c^2 + \mathrm{M_F}/\mathrm{M_{Na}}.\,\mathrm{E}_\alpha$, respectivement 14,5 et 14,8 MeV. L'espacement expérimental est ainsi $d_{\text{exp.}} = 0{,}4.10^6$ eV. L'espacement théorique est donc environ 5000 fois plus grand que l'espacement observé. On obtient des écarts analogues en ce qui concerne l'espacement des niveaux d'autres éléments légers.

L'isomérie nucléaire est également incompatible avec le modèle du fluide nucléaire si on l'attribue à une différence de structure. Car il faudrait admettre alors une rigidité très grande de configuration de la matière nucléaire. Cette rigidité est possible dans la structure moléculaire où le mouvement au zéro absolu est suffisamment faible pour permettre une

localisation précise des centres de gravité des atomes, localisation qui est impossible dans la substance nucléaire à cause de l'extrême mobilité supposée des constituants élémentaires.

Quoi qu'il en soit de la nouvelle théorie de Bohr, il ne semble pas aisé d'aborder le problème de choc nucléaire entre hélions, protons etc. d'une part et noyaux légers d'autre part, au point de vue quantitatif. Il est vrai que Breit, Wigner, Bethe et d'autres sont parvenus à des résultats intéressants concernant l'émission de radiations, mais aucune tentative n'a été, à notre connaissance, faite jusqu'ici pour traiter plus à fond la question des chocs entre particules élémentaires et noyaux légers, du point de vue de la théorie des chocs quantiques.

Ce problème, considéré comme impliquant le mouvement collectif de n corps, semble inextricable au point de vue calcul. Aussi serait-il désirable de développer une méthode d'approximation qui permette de l'aborder en décomposant le processus de choc en plusieurs phases successives. La première approximation (insuffisante) consisterait à considérer d'abord les effets de résonance par exemple comme dus à ce que l'énergie de la particule incidente coïncide avec un niveau virtuel dans le champ de potentiel moyen approprié, constant ou variable dans l'espace (champ de Hartree généralisé), agissant sur la particule. On peut admettre en effet qu'en vertu du principe de Pauli, la particule incidente n'est d'abord en interaction qu'avec une ou deux particules, la carcasse nucléaire (noyau initial moins constituant percuté) restant pour ainsi dire imperméable (choc et échauffement superficiels).

La seconde approximation consisterait alors à traiter le problème de choc comme impliquant un petit nombre de particules : problème de 3 corps, puis de 4, etc. (méthode des cascades), dans le genre de :

1° particule incidente + noyau percuté → particule incidente + particule nucléaire percutée + carcasse nucléaire → particule émise + noyau final;

2° particule incidente + noyau percuté → particule incidente + 2 constituants nucléaires percutés + carcasse nucléaire → 1 particule capturée + carcasse + particule émise etc.

Bien que cette méthode des réactions en cascade suggérée comporte des calculs très longs et fastidieux, elle semble devoir néanmoins conduire à des résultats intéressants dans le cas des noyaux très légers, comportant un petit nombre de constituants élémentaires.

CHIMIE NUCLÉAIRE. — *La désintégration de l'uranium par l'effet des neutrons et la partition de cet élément.* Note [1] de MM. **Jean Thibaud** et **André Moussa**, présentée par M. Maurice de Broglie.

1. Au cours d'un travail poursuivi depuis un certain temps, sur la formation des transuraniens sous l'action des neutrons (source Rn + Be), nous avons constaté la présence dans l'uranium irradié d'un radioélément artificiel dont les propriétés chimiques s'apparenteraient à celles du brome.

Une étude antérieure par voie chimique avait d'abord confirmé la formation dans l'uranium irradié d'un élément dont les propriétés chimiques sont semblables à celles du lanthane, comme l'ont indiqué I. Curie et P. Savitch [2]. Dans l'hypothèse d'un plus haut degré de désintégration de l'uranium, ceci nous a conduits à rechercher la présence possible de l'élément ${}_{35}Br$.

L'oxyde d'urane, après longue irradiation par des neutrons en présence de paraffine, était dissous dans H^2SO^4 auquel on ajoutait du bromure d'ammonium et du permanganate de potasse : le brome était distillé dans de la soude. Après destruction de l'hypobromite et traitement par l'azotate d'argent, on obtenait un précipité de bromure d'argent qui était examiné au compteur de Geiger et Müller. Une activité très marquée se manifeste et indique qu'un radioélément ayant des propriétés analogues à celles du brome a été entraîné au cours de la distillation puis précipité en même temps que celui-ci.

Dans la crainte que des radioéléments (eka-osmium de Hahn-Meitner-Strassman) ayant les mêmes propriétés que l'osmium, aient pu passer à la distillation à l'état d'anhydride perosmique, on a ajouté du chlorure de platine à la soude, puis traité par H^2S avant la précipitation par l'argent, le sulfure ainsi obtenu est également actif mais plus faiblement que le précipité de bromure d'argent (de plus, il manifeste une période différente de celle de ce dernier).

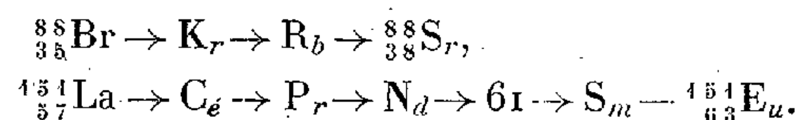
Le précipité de bromure d'argent, dont plusieurs échantillons ont été étudiés, montre une première période courte, puis une seconde d'environ 1 heure 30 minutes, enfin une troisième voisine de 20 heures : on pourrait se trouver en présence d'une série de désintégrations β successives.

---

(1) Séance du 20 février 1939.

(2) *Journ. de Phys. et Radium*, 9, 1938, p. 355; *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 343.

Conformément au processus de cassure du compound ^{239}U, envisagé par F. Joliot [3] et L. Meitner et O. Frisch [4], nous pouvons interpréter les résultats précédents en admettant la partition de l'uranium en lanthane et en brome qui se transforme respectivement par une série de désintégrations β en strontium et en terre rare, éléments dont les types chimiques ont été effectivement décelés dans l'uranium irradié, conformément aux réactions



$$^{88}_{35}\mathrm{Br} \to \mathrm{K}_r \to \mathrm{R}_b \to {}^{88}_{38}\mathrm{S}_r,$$
$$^{151}_{57}\mathrm{La} \to \mathrm{C}_e \to \mathrm{P}_r \to \mathrm{N}_d \to 61 \to \mathrm{S}_m - {}^{151}_{63}\mathrm{E}_u.$$

2. Le processus de bipartition de l'uranium en éléments de nombre atomique voisin de 50, dont F. Joliot [3] a donné une première preuve expérimentale, doit s'accompagner d'une libération d'énergie supérieure à 100 MeV, dont la plus grande partie se communique aux atomes de recul formés, ici Br et La. Nous avons mis en évidence des énergies de cet ordre de grandeur par l'expérience suivante : un cylindre chargé d'uranium est introduit dans la chambre d'ionisation du compteur proportionnel décrit [5]; une source de neutrons est placée à 2^{cm} avec $1^{cm},5$ de paraffine interposée. La sensibilité de l'amplificateur a été réduite de façon que les particules α de U ne donnent que des élongations oscillographiques de 3^{mm}. Sur les enregistrements photographiques témoins (absence de neutrons), aucune impulsion ne dépasse quelques millimètres. En présence des neutrons, de fréquentes impulsions de 15 à 48^{mm} apparaissent : elles correspondent à une production brusque d'ions dépassant $1,8.10^6$ paires d'ions, c'est-à-dire plus de 13 fois supérieure à celle d'une particule α de U_{II} : les énergies des particules observées seraient ainsi de l'ordre de 50 MeV [6]. Remarquons que ce n'est là, sans doute, que la moitié de l'énergie totale libérée par la rupture du noyau, correspondant à un seul des atomes de recul (l'autre atome, de direction opposée, pénétrant dans la préparation d'uranium).

C'est là la première expérience de laboratoire mettant en évidence la libération d'une énergie aussi élevée au cours d'une réaction nucléaire et en dehors de l'action des rayons cosmiques.

---

(3) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 341.

(4) *Nature*, 143, 1939, p. 239.

(5) J. Thibaud, L. Cartan et P. Comparat, *Techniques en Physique nucléaire*, Paris, 1938.

(6) Une expérience analogue est rapportée par O. Frisch (*Nature*, 143, 1939, p. 276).

Dans une autre expérience, une feuille de papier de 1,4 mg/cm^{-2} ou d'aluminium (6 μ) recouvre l'uranium. De telles lames ralentissent peu les particules α et, en fait, celles de l'uranium les traversent. Par contre, en présence des neutrons les particules à grande énergie ne s'observent plus. Au contraire, une feuille de 0,49 μ d'aluminium est facilement traversée par ces particules. Celles-ci (faible portée, énergie considérable) ont donc une masse élevée et une forte charge. Il s'agit bien d'atomes de recul de poids atomique moyen, provenant de la rupture de l'uranium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Absence de dénaturation par la chaleur des solutions superficielles de sérum-albumine.* Note (¹) de MM. **André Dognon** et **Camille Piffault**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

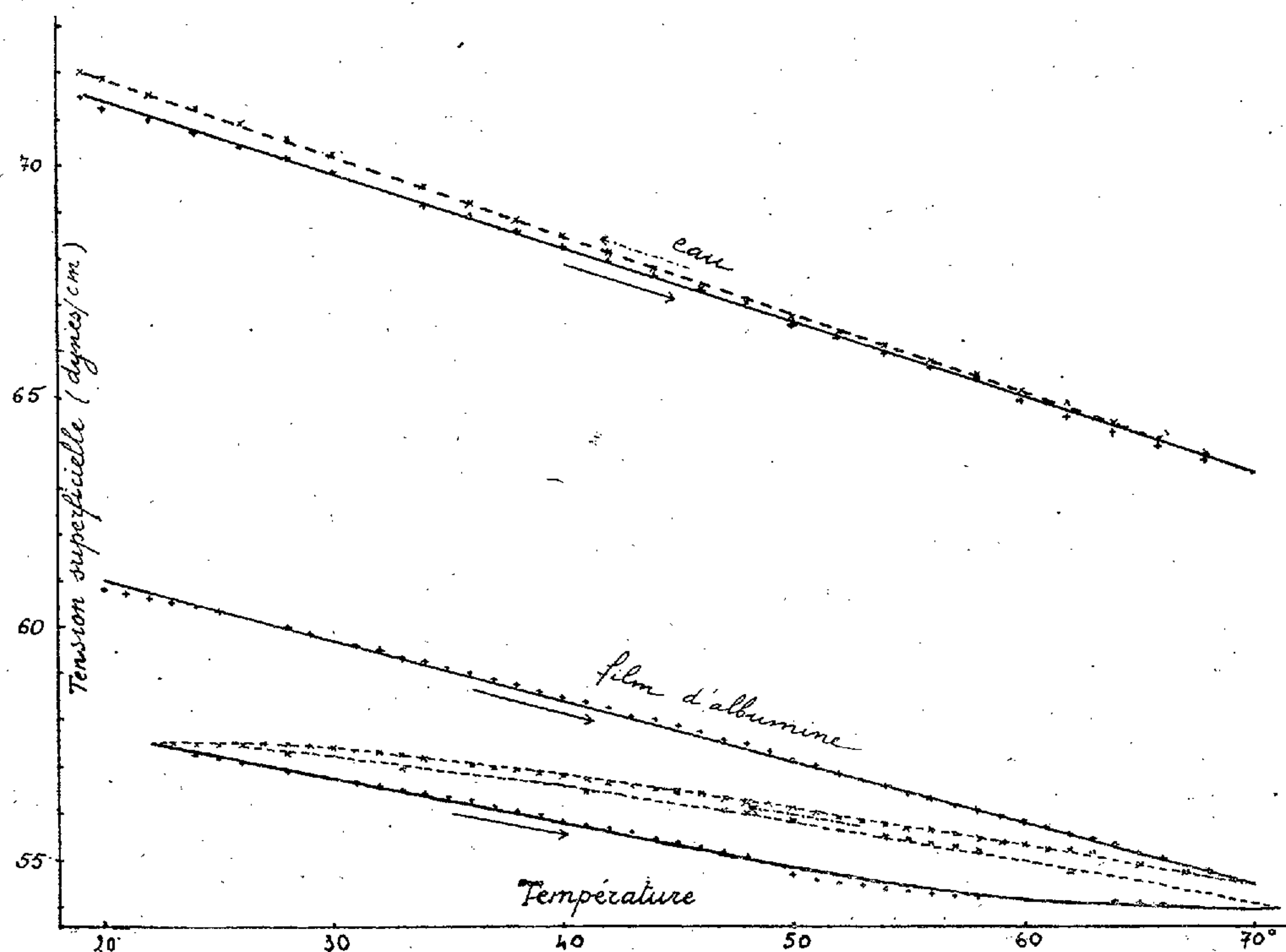
Disposant d'une excellente méthode, parfaitement statique et à lectures continues, pour la mesure de tensions superficielles (M. Abribat et A. Dognon, *Soc. de Physique*, 3 février 1939), nous nous sommes proposé d'étudier l'action de divers agents physiques sur les films de sérum-albumine (préparée par la méthode de Piettre), que l'on peut obtenir en laissant reposer une solution très diluée (10^{-4} à 10^{-5}) de celle-ci, ou en touchant la surface liquide (eau ou solution de Ringer) avec un fragment d'albumine sèche.

En suivant la tension superficielle de ces films en fonction de la température, nous nous attendions à voir apparaître, vers 55 ou 60° C., région critique où commencent les modifications de la molécule, des perturbations de la courbe, avec diminution rapide de la tensio-activité, témoignant de l'insolubilisation du système par dénaturation. Nous avons eu la surprise de constater qu'il n'en était rien. Jusqu'à 70°, point extrême de nos observations, la décroissance de la tension superficielle du film d'albumine est aussi régulière que celle de l'eau, avec une pente presque identique, comme le montrent les courbes reproduites ci-contre (les valeurs de TS indiquées doivent être majorées de 0,3 dyne environ, pour tenir compte de l'erreur des bords de la lame immergée utilisée pour ces mesures). Il n'y a donc pas dénaturation des molécules superficielles.

De même, en portant au voisinage de l'ébullition de l'eau couverte du

(¹) Séance du 13 février 1939.

film d'albumine, on constate, après refroidissement, que non seulement la tension superficielle ne tend pas à rejoindre celle de l'eau pure, mais qu'elle s'est encore abaissée, passant par exemple de 63 dynes/cm avant ébullition à 60 après. L'élasticité du film, que l'on peut également mesurer par la méthode employée, n'a pas non plus sensiblement varié. Par contre la sérum-albumine, en solution homogène diluée, perd presque entièrement ses propriétés tensio-actives par l'ébullition.



Cette observation apporte un fait de plus, montrant les différences de propriétés qui peuvent exister entre des molécules dissoutes en profondeur et les mêmes molécules à l'état de solution superficielle, où elles forment probablement dans ce cas un film que l'on peut considérer comme solide. Si l'on réfléchit que les parois cellulaires sont probablement des films de ce genre, on voit combien leurs propriétés peuvent être différentes de celles que l'on serait tenté de leur attribuer.

CHIMIE MINÉRALE. — *Dissociation thermique du palladichlorure de cæsium.* Note de M. **François Puche**, présentée par M. Marcel Delépine.

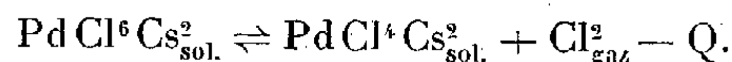
Pour déterminer la stabilité thermique des complexes chlorés de cæsium par rapport à ceux des autres cations alcalins, nous nous étions adressé d'abord au platichlorure; mais, par suite de phénomènes secondaires dus à la volatilité assez grande du chlorure de cæsium, la mesure des pressions d'équilibre n'est pas possible au delà de 750° (¹).

Nous avons pensé que le palladichlorure devait se décomposer de la même façon que les sels correspondants de potassium et de rubidium (²), c'est-à-dire à température assez basse et avec production de palladochlorure : la volatilité du chlorure alcalin n'intervenait donc plus.

Gutbier et Krell (³) obtenaient le palladichlorure de cæsium en envoyant un courant de chlore dans une solution aqueuse de palladochlorure. Nous l'avons préparé de préférence en ajoutant le chlorure de cæsium à une solution résultant de l'attaque de la mousse de palladium, par l'acide chlorhydrique concentré saturé de chlore. Le précipité de petits octaèdres jaunes séparé de ses eaux mères peut être lavé soigneusement à l'eau en raison de sa très faible solubilité. Comme les sels de potassium et de rubidium, le produit séché change de couleur lorsqu'on le chauffe à l'air : il devient rouge orangé puis, vers 350°, il perd du chlore, se transforme en palladochlorure qui fond vers 495°.

La décomposition commence vers 240°, à température plus élevée que pour les sels de K et de Rb; elle est réversible, le chlore dégagé n'étant toutefois bien réabsorbé que si le refroidissement progressif est très lent.

Aucune mesure de pression n'a été faite au delà de 404° et il n'apparaît pas de phase liquide dans le système, ainsi que le prouve l'examen du produit après refroidissement brutal; seul se trouve dans la nacelle, à côté du palladichlorure non dissocié, le palladochlorure formé par décomposition. La réaction d'équilibre est donc



$$PdCl^6Cs^2_{sol.} \rightleftharpoons PdCl^4Cs^2_{sol.} + Cl^2_{gaz} - Q.$$

(¹) *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1939, p. 200.
(²) *Ann. Chim.*, 11ᵉ série, 9, 1938, p. 233.
(³) *Ber. d. chem. Gesell.*, 38, 1905, p. 2385.

Les tensions mesurées sont réunies dans le tableau suivant.

Températures		Pressions (en mm de Hg).	Températures		Pressions (en mm de Hg).
centésimales.	absolues.		centésimales.	absolues.	
241°	514°	2,7	359°	632°	243
266	539	11,9	367	640	324
278	551	15,0	380	653	467
311	584	50,7	385	658	528
317	590	62,6	395	668	627
330	603	96,8	400	673	716
340	613	131	404	677	778

La courbe d'équilibre, construite avec les coordonnées $1/T$ et $0,004571 \log P$ (T température absolue, P en kg/cm^2), est très sensiblement une droite. Le coefficient angulaire de la droite, obtenue en considérant les 7 dernières valeurs des pressions mesurées, fournit pour la chaleur de réaction moléculaire la valeur $Q = 22^{Cal},2$. Le rapport Q/T_n vaut alors 0,0328, T_n étant la température normale de dissociation. Pour les palladichlorures de K et de Rb, le même rapport vaut 0,0327 et 0,0332.

Les résultats expérimentaux montrent en outre que le palladichlorure de cæsium est le plus stable des palladichlorures alcalins, puisque les températures absolues où la pression de chlore atteint une atmosphère sont, dans l'ordre, pour les sels de K, Rb, Cs : 560, 611 et 677° et que le complexe sodique du palladium tétravalent n'a pu être obtenu à la température ordinaire. Des essais de réduction ménagée par l'hydrogène nous ont d'ailleurs confirmé cet ordre de stabilité relative pour les deux premiers cations : en effet, en 8 heures de chauffage à 70° dans un courant d'hydrogène, le sel de potassium est réduit, directement semble-t-il, en palladium, acide chlorhydrique et chlorure alcalin alors que le sel de rubidium n'est pas touché.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du nickel de Raney sur quelques composés organiques soufrés.* Note de MM. **Joseph Bougault**, **Eugène Cattelain** et **Pierre Chabrier**, présentée par M. Auguste Béhal.

Nous avons signalé [1] la grande affinité du nickel de Raney pour le soufre de diverses molécules minérales et organiques. De nouvelles

[1] *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 6, 1939, p. 34.

recherches nous ont montré que cette propriété semble due à une réactivité spéciale du nickel de Raney, qu'il doit, sans doute, à ce fait que le nickel semble y être contenu à l'état d'hydrures.

I. La désulfuration des composées organiques se produit, dans la plupart des cas, en deux phases : 1° formation d'un composé organique du nickel; 2° destruction de cette combinaison avec formation de sulfure nickeleux, sous l'action d'un excès de nickel de Raney. Il nous a été possible, dans plusieurs cas, d'isoler ce produit intermédiaire.

II. Cette désulfuration semble n'être qu'une manifestation d'un mode de réaction très général propre au nickel de Raney. Nous avons observé, en effet, que ce réactif a des aptitudes réactionnelles remarquables, lui permettant de donner des complexes avec des molécules très diverses, comme l'a déjà constaté M. Delépine (²). C'est ainsi qu'il donne directement, par simple agitation avec la diméthylglyoxime, le même composé que les sels de nickel en solution. Il fournit, de même, avec les cyanures alcalins, des cyanures complexes.

III. Nous avons réalisé la désulfuration des composés organiques suivants : sulfure de carbone, thiourée, benzylthiourée, thioglycolanilide, acides mono- et dithioglycolique, dithioéthylèneglycol, acide sulfhydrylcinnamique, acide thioacétique, benzylsulfoxytriazine et éther benzylique de la benzylsulfoxytriazine. La désulfuration est obtenue à froid, par simple agitation, en milieu aqueux ou alcoolique suivant les cas. Le soufre est éliminé à l'état de sulfure nickeleux, en même temps que l'on observe, dans presque tous les cas, un dégagement d'hydrogène. On y remarque, presque toujours, l'influence hydrogénante du nickel de Raney. Les produits suivants prennent naissance au cours de la désulfuration des composés énumérés plus haut :

1° *Sulfure de carbone* CS^2, méthane; 2° *thiourée* $CS\langle^{NH^2}_{NH^2}$, méthane, gaz ammoniac et monométhylamine; 3° *benzylthiourée* $CS\langle^{NH-CH^2-C^6H^5}_{NH^2}$, gaz ammoniac, monométhylamine et toluène; 4° *thioglycolanilide*

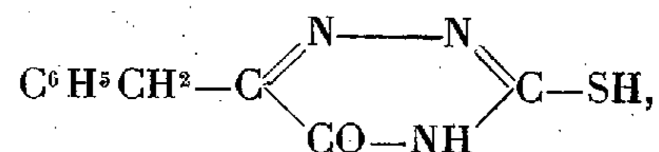


$$C^6H^5NH-CO-CH^2SH,$$

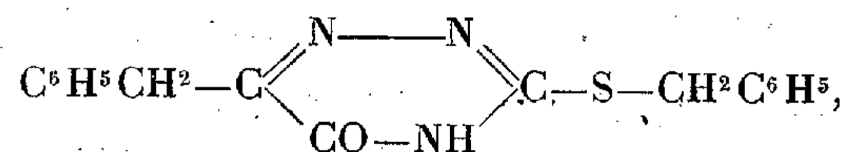
acétanilide; 5° *acide monothioglycolique* $SH-CH^2COOH$, acide acétique; 6° *acide dithioglycolique* $COOHCH^2-S-S-CH^2COOH$, acide acétique; 7° *dithioéthylèneglycol* CH^2SH-CH^3SH, éthane; 8° *acide sulfhydrylcinna-*

(²) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 865.

mique $C^6H^5—CH = C(SH)—COOH$, acide hydrocinnamique; 9° *acide thioacétique* CH^3COSH, *a*. en milieu aqueux, acide acétique; *b*. en milieu alcoolique, acétaldéhyde; 10° *benzylsulfoxytriazine*



benzyldioxytriazine; 11° *éther benzylique de la benzylsulfoxytriazine*



benzyldioxytriazine et toluène.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Structure cristalline des azotures. La constitution de l'anion azothydrique*. Note [1] de M. **Marc Bassière**.

La structure cristalline de l'azoture de sodium a été déterminée par Hendricks et Pauling [2]. Les cristaux rhomboédriques sont formés par des plans parallèles à [111], qui contiennent alternativement des ions Na^+ et des ions N_3^-, ces derniers étant linéaires centrosymétriques et orientés suivant la direction [111]. La projection des densités électroniques sur l'axe ternaire du cristal montre donc les projections des cations Na et des anions N^3 suivant leur axe.

La structure a été rapidement contrôlée, et les paramètres cristallins soigneusement redéterminés. On obtient ainsi pour la maille rhomboédrique

$$a = 5{,}488 \pm 0{,}011\ \text{Å} \quad \text{et} \quad \alpha = 38°43'.$$

Les intensités des différents ordres de réflexion de la raie $K\alpha$ de Mo (rendue monochromatique par réflexion sur un cristal de calcite) sur le plan [111] de N^3Na ont été mesurées à la chambre d'ionisation. Après corrections pour l'extinction, pour la présence d'harmonique 2 dans le rayonnement incident, pour la polarisation, elles ont servi au calcul des facteurs de structure moléculaire $F_{(hhh)}$. Les valeurs obtenues, ainsi que celles calculées dans le cas de la répartition atomique décrite plus loin, sont réunies dans le tableau ci-après.

---

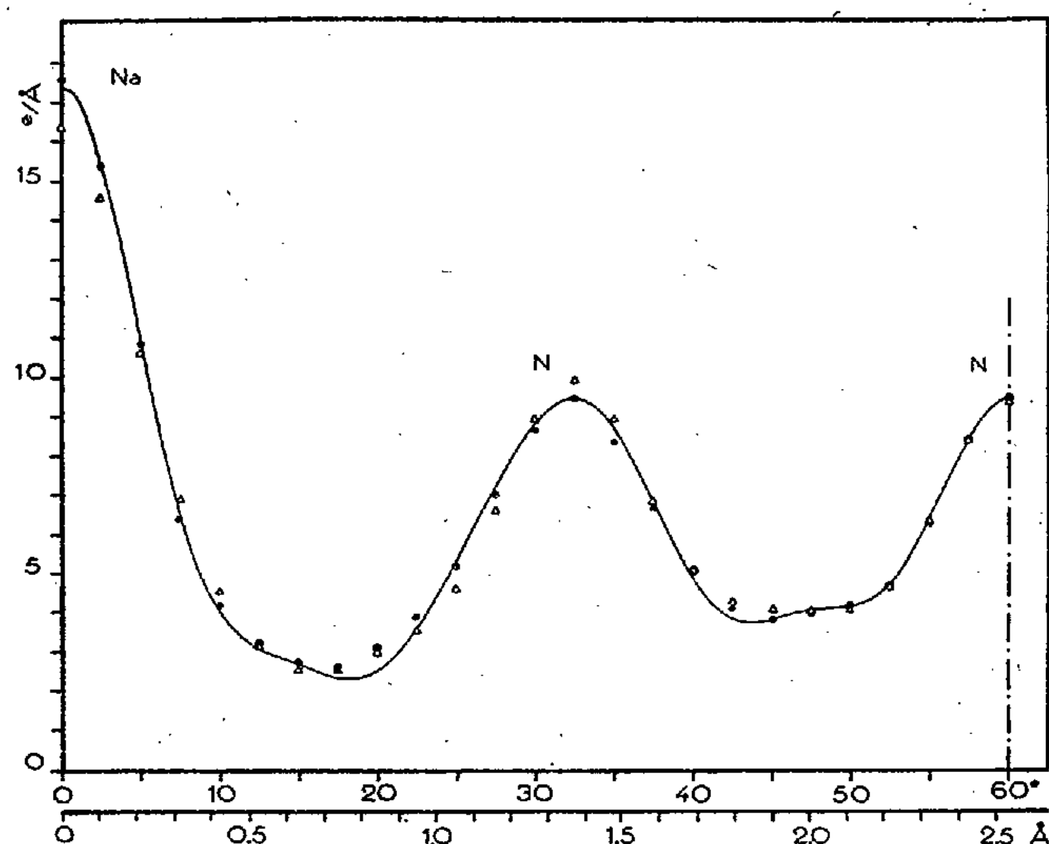
(1) Séance du 23 janvier 1939.
(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 88, 1925, p. 2094.

$h=k=l$.	$F_{obs.}$	$F_{cal.}$	$h=k=l$.	$F_{obs.}$	$F_{cal.}$
1...........	+2,25	+2,45	7..........	+1,77	+1,72
2...........	+3,28	+3,36	8..........	+2,25	+2,31
3...........	+5,37	+5,05	9..........	<0,4	+0,03
4...........	+9,99	+9,51	10..........	+0,92	+0,87
5...........	+0,69	+0,80	11..........	<0,4	+0,28
6...........	+1,62	+2,06	12..........	<0,4	+0,43

Dans le but de préciser les distances interatomiques, ces valeurs ont été utilisées au calcul de la série F^2 de Patterson ([3]). Malheureusement, les maxima qui correspondent aux distances N — N sont masqués par ceux qui correspondent aux distances N — Na, beaucoup plus prononcés, et il est impossible de les faire apparaître, en faisant usage des artifices de calcul indiqués par Patterson (*loc. cit.*, p. 525).

La répartition des densités électroniques le long de l'axe [111] du cristal a été obtenue par un développement en série de Fourier. La courbe de répartition (sur la moitié d'une période Na — N^3 — Na) est montrée en trait plein sur la figure.

Si l'on essaie d'interpréter la courbe des densités électroniques dans l'hypothèse d'un ion N^3 linéaire centrosymétrique avec une distance



N — N = 1,165 Å et en prenant pour les facteurs de structure atomique de Na^+ et de N et N^- les valeurs f_0 de James et Brindley affectées d'une correction de température définie par la relation

$$f = f_0 e^{-B\left(\frac{\sin\theta}{\lambda}\right)^2}$$

([3]) *Z. Krist.*, 90, 1935, p. 517.

et un coefficient $B = 1,5.10^{-16}$ (voisin de celui de ClNa), on obtient les valeurs représentées par les triangles blancs de la figure. Elles ne sont en accord satisfaisant avec les valeurs expérimentales que pour l'atome N central du groupe N^3, mais divergent notablement pour les autres atomes. On obtient une bonne représentation de la partie de courbe qui correspond à Na^+ en prenant pour cet atome $B = 1,0.10^{-16}$, mais on ne peut arriver à une concordance admissible entre les valeurs expérimentales et les valeurs calculées en agissant semblablement sur les coefficients B des atomes N des extrémités du groupe N^3. Il faut supposer que le groupe N^3 est dissymétrique, et calculer les positions des atomes en introduisant les valeurs de $f(\mathrm{Na})$, $f(\mathrm{N})$ et $f(\mathrm{N}^-)$ reconnues correctes dans l'équation du facteur de structure moléculaire. On trouve ainsi, pour les distances interatomiques,

$$N - N = 1,10 \,\text{Å} \quad \text{et} \quad N - N = 1,26 \,\text{Å},$$

avec une précision probable de 0,05 Å, et qui sont en excellent accord avec celles de Knaggs [4] pour l'azoture de cyanogène et de Brockway et Pauling [5] pour l'azoture de méthyle.

On peut utiliser les valeurs de B à un calcul analogue à celui de James et Waller pour ClNa [6], et avoir un ordre de grandeur des oscillations atomiques dans le réseau : on obtient les amplitudes quadratiques moyennes

$$\bar{\mu}_{Na} = 0,195 \,\text{Å} \quad \text{et} \quad \bar{\mu}_N = 0,238 \,\text{Å}.$$

Au moyen de la formule (5)

$$B = \frac{6h^2}{mk\Theta}\left\{\frac{\Phi(x)}{x} + \frac{1}{4}\right\},$$

on calcule pour la température de Debye du cristal $\Theta = 505°K$, qui se compare favorablement à celle obtenue de deux mesures de chaleurs spécifiques (à — 30 et + 60°C.) $\Theta = 460°K$.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du climat alpin sur le métabolisme végétal.* Note de M. **Raoul Combes** et Mlle **Marie-Thérèse Gertrude**, présentée par M. Marin Molliard.

Poursuivant nos recherches sur les réactions du métabolisme végétal aux variations du milieu extérieur, nous avons commencé en 1938 une étude de

(4) *Proc. roy. Soc.*, Londres, **150**, A, 1935, p. 76 et 602.
(5) *Proc. Nat. Acad. Sci.*, Washington, **19**, 1933, p. 860.
(6) *Proc. roy. Soc.*, Londres, **117**, A, 1927, p. 214.

l'influence qu'exerce le climat alpin sur certaines parties du fonctionnement biochimique.

Les expériences ont porté sur trois espèces, une plante de plaine, *Veronica Anagallis*, qui nous a déjà servi à étudier l'action de plusieurs facteurs du milieu, *Taraxacum dens leonis*, qui croît aussi bien dans la région alpine qu'en plaine, et *Erysimum helveticum*, espèce nettement alpine.

Les graines avaient été récoltées en 1937; celles de *Veronica* au laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, où la plante est cultivée à partir d'une lignée pure isolée depuis plusieurs années, celles de *Taraxacum* sur les bords de l'Arc, à 1900 mètres d'altitude, celles d'*Erysimum* sur le Roc des Pareis dans le massif des Évettes, à 2600 mètres d'altitude.

Ces graines furent semées à Fontainebleau le 28 mai dans une terre moyennement riche. Le 25 juin, les plantules étaient repiquées dans la même terre, et pour chaque espèce trois lots étaient constitués. L'un fut laissé à Fontainebleau et poursuivit son développement jusqu'à l'automne sous le climat de cette région. Un second fut transporté le 10 juillet près du chalet des Evettes, à 2590^{m} d'altitude. Le troisième, laissé comme le premier à Fontainebleau, fut exposé pendant toute la période végétative, chaque nuit à une température variant entre 2° et 3°,5, et le jour à la température du climat de cette région (moyenne de 11° à 24°). Ces dernières conditions étaient comparables à celles réalisées dans les expériences qu'entreprit G. Bonnier en 1898 [1] et dont les résultats le conduisirent à conclure que parmi les divers facteurs dont l'ensemble constitue le climat alpin, celui dont l'action sur la végétation paraît dominante est l'alternance des basses températures nocturnes et des hautes températures diurnes.

Le développement des trois lots de plantes se poursuivit régulièrement jusqu'au 11 septembre, date à laquelle eut lieu la récolte.

On a retrouvé, entre les individus développés en haute montagne et ceux exposés au climat normal de plaine, les dissemblances de formes qui distinguent habituellement les plantes alpines des plantes de plaine : nanisme, grand développement de l'appareil souterrain, pigmentation anthocyanique intense. De plus, comme l'avait constaté G. Bonnier, les plantes soumises en plaine à des températures alternantes basses et hautes, présentaient tous les caractères des plantes de haute montagne.

Dans les trois lots on a dosé les matières minérales fixes, les différentes

(1) *Comptes rendus*, 127, 1898, p. 307.

sortes de glucides solubles, les principales formes de lipides, les deux formes d'azote, azote des substances protéiques et azote des substances azotées solubles. Les résultats obtenus sont réunis dans le tableau ci-dessous, rapportés à 100 parties de substance sèche. On a indiqué également les poids moyens de substance sèche, exprimés en grammes, correspondant à une plante de chaque lot.

	Climat de plaine			Climat alpin			Températ. alternantes		
	Veron.	Tarax.	Erys.	Veron.	Tarax.	Erys.	Veron.	Tarax.	Erys.
Substance sèche	0,69	8,16	0,09	0,32	0,45	0,07	0,27	0,65	0,19
Matière minérale	9,34	9,34	17,41	9,26	6,77	15,73	10,77	7,43	–
Sucres réducteurs	2,76	3,95	1,23	10,23	1,31	2,78	4,92	1,02	1,25
Holosides	1,91	4,60	0,92	6,31	23,03	9,62	4,48	14,02	3,99
Hétérosides	3,26	0,93	4,14	4,85	2,24	3,22	4,26	1,71	3,07
Glucides sol. totaux	7,93	9,48	6,29	21,39	26,58	15,62	13,66	16,75	8,31
Acides gras	5,48	2,49	–	3,46	2,22	–	–	–	–
Insaponifiables	0,81	0,88	–	0,97	1,13	–	–	–	–
Stérols	0,22	0,15	–	0,26	0,21	–	–	–	–
Phosphore lipidique	0,02	0,03	–	0,05	0,05	–	–	–	–
Azote protéique	1,52	1,59	2,61	1,30	0,93	2,91	1,60	0,82	2,42
Azote soluble	0,26	1,27	0,66	0,25	0,16	1,15	0,23	0,12	0,69

L'examen de ces premiers résultats permet de faire les constatations suivantes :

La partie du métabolisme qui paraît le plus profondément influencée par le climat alpin est la glucogénèse; la lipogénèse l'est à un degré beaucoup moindre; la protéogénèse et la nutrition minérale présentent des variations de sens différents suivant les espèces. Les individus soumis au climat alpin renferment environ 3 fois plus de glucides solubles que ceux de plaine, la différence portant sur les sucres réducteurs, les holosides et les hétérosides chez *Veronica*, sur les holosides et les hétérosides chez *Taraxacum*, sur les sucres réducteurs et les holosides chez *Erysimum*. En ce qui concerne les lipides, chez les deux plantes étudiées à ce point de vue, *Veronica* et *Taraxacum*, l'action du climat alpin se traduit par une diminution des acides gras et un accroissement des lipides phosphorés ainsi que des insaponifiables, notamment des stérols.

Les résultats relatifs aux plantes soumises en plaine à l'action de températures alternantes montrent que ces conditions déterminent dans le chimisme des variations de même sens que le climat alpin; elles provoquent notamment une accumulation plus grande de glucides solubles.

Ces constatations confirment et expliquent les résultats obtenus par G. Bonnier. L'action sur les corps végétaux de hautes et basses températures alternantes produit dans leur morphogénèse des modifications semblables à celles que détermine le climat alpin parce qu'elle provoque des changements de même nature dans leur métabolisme.

Il semble donc bien, comme le pensait G. Bonnier, que ce soit beaucoup plus par ses alternances de température que par sa radiation plus intense et plus riche en rayons ultraviolets, ou par la fréquence et la puissance de ses vents, que le climat alpin parvient à modifier si profondément l'activité métabolique et, par cet intermédiaire, la construction des formes chez les végétaux.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations quantitatives des acides gras, des stérols et des phospholipides au cours de la maturation des fruits de Lierre.* Note [1] de M. **Roger Ulrich**, présentée par M. Marin Molliard.

Les recherches sur l'évolution chimique des fruits oléagineux ont porté surtout sur les graisses totales ou sur la teneur en acides gras; les stérols et les phospholipides ont été généralement négligés. Les fruits de Lierre, très riches en lipides, constituent un matériel favorable à l'étude des variations quantitatives de ces divers produits.

Les fruits, préalablement stabilisés dans l'alcool bouillant, ont subi pendant huit heures un épuisement à l'alcool chaud dans l'appareil de Kumagawa. Sur certains lots, les acides gras ont été séparés de l'insaponifiable suivant une technique très voisine de celle de Lemeland modifiée par Belin [2]; les stérols totaux de l'insaponifiable ont été pesés après combinaison au digitonoside. D'autres lots ont servi au dosage des phospholipides, le liquide alcoolique d'extraction étant évaporé à sec, le résidu repris par l'éther anhydre, desséché puis minéralisé par le mélange sulfonitrique; dans la solution obtenue, le phosphore était dosé suivant la méthode de Copaux [3].

Les graisses totales peuvent être calculées approximativement à partir

---

[1] Séance du 20 février 1939.
[2] *Bull. Soc. Chimie biol.*, 8, 1926, p. 1081.
[3] *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 656.

du taux d'acides gras et d'insaponifiable à l'aide de la formule

graisses = (Ac. gras × 1,046) + insap. (1).

L'application à des fruits de Lierre jeunes (poids frais moyen 11^{mg}) donne les résultats suivants :

dans 100 fruits.................. (11 × 1,046) + 4,2 = 15^{mg} ou 0^{g},015,
dans 100^{g} de substance sèche .... (3,3 × 1,046) + 1,78 = 5^{g},23.

Pour des fruits mûrs, la teneur en graisse correspond à :

(3,5 × 1,046) + 0,26 = 3^{g},92 dans 100 fruits,
(26,4 × 1,046) + 1,93 = 29^{g},54 dans 100^{g} de matière sèche.

Ces données sommaires ne sont rapportées ici que pour indiquer l'ordre de grandeur de la richesse des fruits en graisse. Dans les tableaux ci-après, le poids frais moyen d'un fruit (p. f. m.) est utilisé pour repérer les stades du développement.

Stérols et acides gras. — Les teneurs en stérols totaux et en acides gras rapportées à 100^{g} de substance sèche (100 S) ou à 1000 fruits (1000 F) sont inscrites dans le tableau ci-dessous, ainsi que les variations de la substance sèche d'un fruit.

P. f. m.	Stérols totaux. 100 S.	1000 F.	Acides gras. 100 S.	1000 F.	Mat. sèche. 1 fruit.
mg	mg	mg	g	g	mg
11..........	110	4	3,33	0,11	3,2
17..........	140	6	2,50	0,11	4,3
29..........	200	17	3,73	0,31	8,5
160..........	195	70	8,75	3,23	29,7
259..........	178	100	18,30	10,60	58
316..........	262	200	–	–	74,8
423..........	247	330	26,41	35,56	136

Les stérols augmentent donc dans chaque fruit pendant tout son développement, en même temps que les acides gras et la matière sèche.

Phospholipides. — Le tableau ci-après renferme les teneurs des fruits en phospholipides rapportées à 100^{g} de substance sèche (100 S) et

(1) E.-F. Terroine, G. Lepage, J. Véchot, A. Wolff, *Ann. Science agron.*, 43, 1926, p. 334.

à 1000 fruits (1000 F.); les teneurs en eau exprimées en fonction du poids frais ont été placées en regard des valeurs précédentes, ainsi que les caractères extérieurs des fruits constituant les différents lots.

P. f. m.	Phosphore lipidique. 100 S.	1000 F.	Eau.	Caractères des fruits (5).	
mg	mg	mg	%		mm
9	21	0,5	74	Coniques	3
17	50	2,7	69	»	4
22	64	3,5	74	»	4
27	53	3,5	76	Intermédiaires	4 à 5
28	36	3	71	»	4 à 5
164	17	6,3	77	Sphériques verts	6 à 8
365	13	13,1	73	Sphériques noirs	8 à 9

Les résultats groupés dans ce tableau mettent en évidence une *accumulation continue des phospholipides dans chaque fruit au cours de son accroissement. Rapportée à 100^{g} de matière sèche, la teneur en phosphore lipidique de fruits de plus en plus âgés augmente d'abord sensiblement pour diminuer ensuite. Le développement des graines est un facteur important de cette diminution.* On sait en effet (6) que les phospholipides s'accumulent dans les péricarpes de Lierre tandis que les graines en sont dépourvues, au moins au stade où on peut les isoler aisément. Or des lots de 100^{g} de fruits de plus en plus évolués renferment des masses croissantes de graines. Le rapport du poids frais d'un péricarpe à celui des graines qu'il abrite passe de 21 à 1 pour des fruits de poids frais moyen s'échelonnant de 22 à 262^{mg}. Dès que la masse des graines augmente rapidement (p. f. m. $>$ 25^{mg}), le phosphore lipidique diminue dans la substance sèche. Cependant, l'importance croissante des graines ne suffit pas à expliquer cette diminution. En effet 1000 fruits très jeunes (masse des graines négligeable) renferment 5^{g},70 de matière sèche et 3^{mg},5 de phosphore; 1000 péricarpes isolés provenant de gros fruits renferment 21^{g},75 de substance sèche et 7^{mg} de phosphore lipidique. La matière sèche augmente donc plus vite que la teneur en phosphore. On peut conclure de ces données et de celles qui concernent les variations des phospholipides dans 1000 fruits que l'*accumulation de ces substances se poursuit dans le* péricarpe *pendant toute l'évolution des fruits, mais avec une intensité décroissante.*

---

(5) Les nombres inscrits dans cette colonne correspondent au diamètre transversal maximum d'un fruit.

(6) R. Ulrich, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1316.

AGRONOMIE. — *Utilisation des éléments fertilisants dans la production du grain chez les céréales. Rôle de la paille.* Note de MM. **Albert Demolon** et **Henri Burgevin**, présentée par M. Émile Schribaux.

Des expériences récentes poursuivies en France par les Stations Agronomiques, permettent de fixer comme suit, pour le blé, la quantité des éléments fertilisants absorbés, rapportés à un quintal de grain récolté :

	Éléments absorbés (grain + paille) pour 100kg de grain	
	dans 80 pour 100 des cas.	Valeurs extrêmes observées.
N...........	2,10 à 2,70	1,70-3,90
P^2O^5........	1,0 à 1,40	0,80-2,00
K^2O.........	2,20 à 2,80	1,90-4,00

Les fluctuations observées ne sont pas négligeables. Elles traduisent chez la plante une utilisation variable, en vue de la formation du grain, des éléments absorbés. Or ceux-ci ne sont pas gratuits. Il y a donc lieu pour l'agronome de rechercher non seulement un maximum de production, mais encore, si possible, la consommation minimum correspondant à la formation d'une même quantité de produits utiles, de grain en l'espèce. En un mot, la machine végétale doit être examinée sous l'angle du degré de perfection de son fonctionnement chimique en vue de tendre vers son meilleur rendement économique. C'est ce point de vue, dont on s'est peu préoccupé, qui retiendra ici notre attention.

Nous appellerons indice d'utilisation U d'un élément le rapport de la quantité trouvée dans la récolte de grain à la quantité totale absorbée (grain + paille). L'expérience montre que, pour le blé, l'avoine et l'orge, U varie sensiblement dans les mêmes limites qui sont : azote (U_n) 0,80 à 0,50, phosphore (U_p) 0,80 à 0,50, potassium (U_k) 0,30 à 0,18.

Dans chaque cas, les valeurs de U_n et U_p sont toujours assez voisines, attestant la solidarité biochimique de l'azote et du phosphore. Quant à U_k, sa valeur est très différente et toujours beaucoup plus faible.

Examinons d'abord comment U varie sous l'influence de l'enrichissement du milieu par la fumure. A cet effet, remarquons que U est fonction du rapport paille-grain et des rapports entre les teneurs de la paille et du grain en chaque élément. Dans un intervalle plus ou moins large, suivant la capacité de production des sols, quand la fumure croît, la paille et le

grain croissent simultanément, et leur rapport varie peu. Il en est de même du rapport des teneurs constaté à l'analyse. De sorte, qu'en définitive, le rapport des éléments dans la quantité de paille formée et dans le grain correspondant varie peu; U garde une valeur sensiblement constante et indépendante de la fumure. Au delà, lorsque la fumure devient excessive ou tardive, et cesse d'augmenter le rendement, le parallélisme entre les teneurs du grain et de la paille s'efface. La plasticité chimique des pailles entraîne la possibilité de variations dépassant de beaucoup en amplitude celle relative aux grains. D'autre part, on voit croître le rapport paille-grain. De là un double mécanisme d'amortissement des variations de la composition du grain en N. P. K. Ainsi on peut constater que les pailles de blé après trèfle sont souvent deux fois plus riches en azote que celles après betteraves; de même l'emploi des engrais potassiques a accru de façon très significative la teneur des pailles en K^2O, celle-ci atteignant aujourd'hui en moyenne 1 pour 100 et pouvant même aller jusqu'à 2 pour 100, sans que le grain manifeste des variations sensibles. Dans ces conditions, qui ne correspondent d'ailleurs pas à une utilisation rationnelle des engrais, le coefficient U peut s'abaisser notablement.

De même, U varie relativement peu pour les bonnes variétés les plus fréquemment cultivées aujourd'hui dans le Nord de la France, lorsque celles-ci sont placées dans un même milieu et mûrissent à la même époque.

Le coefficient U, fonction de la répartition des éléments absorbés entre le grain et la paille, traduit donc l'action d'autres facteurs que la fumure et la variété. Il caractérise surtout les migrations survenant dans la phase de maturation. Aussi, constate-t-on que, toutes autres conditions égales par ailleurs, il varie avec les années et avec les conditions du milieu physique. Il est particulièrement faible dans les années humides pour les sols peu perméables et aussi, en cas de semis tardif, pour les céréales de printemps.

En résumé, pour une même absorption d'éléments fertilisants, les conditions de maturation qui dépendent des facteurs climatiques (humidité, insolation, température), peuvent faire varier dans une large mesure la proportion de N et de P absorbés qui passent dans le grain. Par contre, l'enrichissement du milieu par une fumure normale n'exerce à cet égard qu'une influence restreinte. La considération de la répartition de ces éléments entre le grain et la paille fournit donc un élément de caractérisation de l'action des facteurs du milieu. Elle complète ainsi les indications

tirées du rendement, pour l'appréciation de l'adaptation d'une variété au milieu en vue de son exploitation économique et de l'obtention d'un produit de qualité.

HÉMATOLOGIE. — *Variations de la résistance globulaire* in vivo *sous l'influence des venins de serpent.* Note de M. **Jehan Vellard**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans une Note antérieure, je me suis occupé des variations de la résistance venimeuse *in vitro* en présence des venins de serpent. Des modifications analogues s'observent *in vivo*. Ici encore il faut envisager deux faits distincts : les variations de la résistance globulaire aux hémolysines venimeuses et ses variations aux actions mécaniques ou aux solutions hypotoniques.

Les résultats sont différents suivant que l'on s'adresse à des venins coagulants ou non.

L'injection intraveineuse au chien d'un venin hémolytique et non coagulant (*Naja*, *Elaps*) produit une destruction immédiate et massive de globules rouges. Le plasma devient hémolytique pour ses propres globules, dont la résistance à l'agitation mécanique ou aux solutions hypotoniques tombe brusquement (résistance presque nulle en deux minutes). La résistance passe par un minimum entre deux et dix minutes après l'injection, puis se relève rapidement à la fin de la première demi-heure, dès que les hémolysines disparaissent de la circulation; mais pendant plusieurs heures elle reste encore au-dessous de la normale. La résistance globulaire aux hémolysines venimeuses augmente au contraire presque de suite après l'injection, s'accentue progressivement et parfois très vite dès les trente premières minutes (phase hémolytique du plasma) et se maintient ensuite plusieurs heures au-dessus de la normale. Les modifications sont analogues, mais plus lentes et moins accusées, après les injections intramusculaires : la chute de la résistance globulaire aux solutions hypotoniques se produit dès l'apparition des propriétés hémolytiques dans le plasma; l'élévation de la résistance aux hémolysines venimeuses débute un peu plus tardivement et elle est précédée d'une phase initiale brève, où la résistance à ces hémolysines est diminuée; par voie veineuse, l'évolution trop rapide rend souvent difficile de saisir cette première phase, qui ne se manifeste que par

la destruction d'un grand nombre de globules et la mise en liberté d'hémoglobine.

In vitro, l'action coagulante des venins tend à compenser la diminution de la résistance globulaire aux solutions hypotoniques et renforce l'augmentation de la résistance aux hémolysines venimeuses. Les mêmes phénomènes s'observent *in vivo*.

Les venins coagulants et hémolytiques (la plupart des venins de *Bothrops* et de *Crotalus*) agissent sur la résistance globulaire d'accord avec les variations respectives de ces deux propriétés. La diminution de résistance aux solutions hypotoniques et à l'agitation est d'autant plus accusée que les venins sont plus hémolytiques; immédiate par voie veineuse, lente et souvent peu marquée par voie intramusculaire, elle peut être suivie avec les venins très coagulants d'une élévation postérieure au-dessus de la normale. Tous ces venins augmentent de façon marquée la résistance globulaire aux hémolysines venimeuses, après une brève diminution initiale passant souvent inaperçue; avec les venins fortement hémolytiques et coagulants, comme les échantillons vénézuéliens de *Crotalus terrificus*, cette élévation est sensiblement plus forte qu'avec les venins non coagulants (*Naja*).

Les venins coagulants et peu ou pas hémolytiques (*Bothrops alternata*) produisent par voie intramusculaire une élévation constante, mais très peu marquée, de la résistance globulaire aux hémolysines. La résistance aux solutions hypotoniques varie dans de faibles limites; suivant les doses employées elle peut être légèrement diminuée (très hautes doses de venin) ou augmentée. Par voie veineuse, ces venins ne peuvent être injectés qu'à des doses basses, 1 ou 2^{mg} au maximum, sans produire la mort immédiate; ces doses n'ont pas d'action sur les globules, ou augmentent de façon légère et transitoire leur résistance aux solutions hypotoniques.

Ces résultats complètent les observations *in vitro*.

La diminution de la résistance globulaire aux solutions hypotoniques et aux actions mécaniques est en rapport direct avec les propriétés hémolytiques des venins.

Les variations de la résistance globulaire aux hémolysines venimeuses sont plus complexes. Les venins altèrent profondément la structure des globules : dans une première phase toujours courte (phase positive), ceux-ci deviennent très fragiles aux hémolysines comme à toutes les actions mécaniques ou physiques; les transformations intraglobulaires produites

par une action plus prolongée des venins rendent secondairement les globules incapables de réagir aux hémolysines (phase négative) tout en restant très sensibles aux autres actions. Il s'agit bien moins d'une élévation réelle de résistance aux hémolysines que de la suppression des réactions normales du globule.

L'action coagulante intervenant à son tour renforce postérieurement la résistance des globules aux hémolysines et aux actions mécaniques ou physiques.

Ces faits, surtout la suppression de la sensibilité globulaire aux hémolysines venimeuses, qui s'exerce presque aussitôt que l'action hémolytique des venins compromet l'existence des globules, jouent un rôle essentiel dans la défense de l'organisme au cours de l'intoxication venimeuse.

BIOLOGIE. — *Influence des variations de salinité sur la consommation d'oxygène par les Céphalopodes.* Note de M[lles] **Anne Raffy** et **Renée Ricart**, présentée par M. Paul Portier.

Depuis les anciens travaux de Jolyet et Regnard [1] l'intensité respiratoire des Céphalopodes n'a été mesurée qu'incidemment, soit à propos de l'influence éventuelle de la teneur en oxygène du milieu [2], soit en fonction de la température [3]. En particulier les effets des variations de la salinité n'ont pas été précisés.

Les Céphalopodes sont des sténohalins typiques. Dans la nature, animaux nectoniques, ils échappent aisément aux changements locaux de salinité. Expérimentalement ils ne résistent qu'à des variations faibles et progressives. Après de nombreux essais, nous avons pu poursuivre les expériences sur deux jeunes Seiches (*Sepia officinalis*) durant 5 à 6 jours, en les faisant passer dans des eaux contenant 30^{g},2, 29^{g},5, 26^{g},2, 24^{g},68, 22^{g},3 de ClNa pour 1000. Leur poids a notablement augmenté, montant de 2^{g},6 à 3^{g},2 pour l'une et de 2^{g},9 à 4^{g},1 pour l'autre.

Nous avons déterminé leur intensité respiratoire dans les différents milieux en mesurant (par la méthode de Winkler) leur consommation

---

(1) *Arch. de Physiol. normale et pathol.*, 2e série, 4, 1877, p. 584 et 633.

(2) M. Henze, *Biochem. Zeitschr.*, 26, 1910, p. 255; Amberson, Mayerson et Scott, *Journ. of gen. Physiol.*, 7, 1924, p. 17.

(3) J. F. Mac Clendon, *Papers Dept. Marine Biol., Carnegie Inst.*, Washington, *Publ.* 252, 12, 1918, p. 215.

d'oxygène. Le tableau montre qu'à chaque changement brusque celle-ci est irrégulièrement perturbée mais, qu'au cours de l'adaptation aux milieux successifs, elle s'est d'abord progressivement abaissée au fur et à mesure que l'animal s'hydratait dans les solutions hypotoniques. Elle s'est, ensuite, relevée jusqu'à revenir à la valeur initiale (seiche n° 1) ou même supérieure à la normale (n° 2). Les oxydations se sont toujours maintenues à un taux élevé. Même au moment de la mort, où une baisse brusque se manifeste, elles sont encore importantes. D'autres individus, placés dans des eaux sursalées, ont donné des résultats analogues.

Nous avons repris la même étude sur quelques Pieuvres (*Octopus vulgaris*) et nous avons constaté que, chez cette espèce également, le taux des oxydations, d'abord abaissé, se relève, aussi bien dans les milieux dessalés que sursalés.

Ainsi, chez ces Sténohalins soumis à des variations de salinité, la consommation d'oxygène demeure assez appréciable pour que l'on ne puisse imputer à son insuffisance la prompte mort de l'animal. Celui-ci ne succombe pas d'asphyxie progressive et une baisse préjudiciable ne se produit que dans les quelques heures qui précèdent sa mort.

Les variations de l'intensité respiratoire des animaux aquatiques en fonction des variations de salinité du milieu ont été maintes fois étudiées pour des espèces zoologiques diverses. La plupart des auteurs ont constaté que, chez les espèces euryhalines, le taux des oxydations était plus élevé dans l'eau douce que dans l'eau de mer, mais une règle générale n'a pas encore pu être établie chez les Sténohalins. Cependant, d'après Malœuf [4], qui étudie un Pagure dont la consommation d'oxygène baisse rapidement dès qu'on dilue l'eau de mer, un abaissement de la consommation d'oxygène dans les milieux hypotoniques est un caractère typique des organismes dépourvus de mécanismes osmo-régulateurs.

Dans des recherches antérieures [5] l'une de nous avait établi, au contraire, que certains Poissons ou des Invertébrés sténohalins maintenaient leur activité respiratoire dans des milieux de salinité artificiellement modifiée. La présente Note apporte un nouvel exemple d'organismes

---

(4) *Arch. internat. de Physiol.*, **47**, 1938, p. 1.

(5) A. Raffy, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1522, et **198**, 1934, p. 680; *Ann. Inst. Océanogr.*, **13**, 1933, p. 263; *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, 1932, n° **602**, p. 1 et 1934, n° **648**, p. 1.

dépourvus de mécanismes osmo-régulateurs qui conservent le taux normal de leurs oxydations dans des milieux dessalés ou sursalés.

Consommation d'oxygène de Sepia officinalis *dans de l'eau de mer diluée* (en centimètre cube par heure; température, 15°,5 à 17°).

Dates.	Nature du milieu.	Teneurs en ClNa (gr/1000).	Déterminations.	Seiche n° 1.	Seiche n° 2.
20 sept.	Eau de mer normale....	33	moyennes	0,389	0,368
	1re dilution............	30,2	passage brusque	0,411	0,404
21 »	1re »	30,2	moyennes	0,364	0,325
	2e »	29,5	passage brusque	0,357	0,354
22 »	2e »	29,5	moyennes	0,326	0,304
	3e »	26,2	passage brusque	0,428	0,291
23 »	3e »	26,2	moyennes	0,340	0,341
	4e »	24,68	passage brusque	0,415	0,391
24 »	4e »	24,68	moyennes	0,390	0,386
	5e »	22,3	passage brusque	0,279	0,313
25 »	5e «	22,3	une détermination	0,288	morte
26 »				morte	

BACTÉRIOLOGIE. — *Modification de l'activité pathogène de deux souches de virus typhiques murins entretenues par passages sur les souris blanches.* Note de MM. **Jean Laigret** et **Roger Durand**, présentée par M. Louis Martin.

Les premières recherches relatives à l'infection expérimentale des souris par les virus typhiques murins (P. Lépine, virus de Beyrouth; J. Laigret et J. Jadin, virus de Mexico) ont établi la sensibilité de la souris à ces virus. A l'époque (1932-1933), l'infection de la souris a toujours été *inapparente*.

De plus, nous avions constaté dès lors que, après un certain nombre de passages sur les souris, le virus de Mexico continuait d'infecter le cobaye mais sans fièvre, sans orchite, donc également sous la forme d'une infection inapparente qui conférait à l'animal l'immunité contre une deuxième épreuve, de virus murin ou de virus historique.

L'utilisation du virus murin pour la vaccination de l'homme donne aux faits de ce genre un intérêt si évident que nous en avons repris l'étude sur deux souches tunisiennes de typhus murin, notre souche Tunis-Marché et

la souche Port I de Ch. Nicolle et H. Sparrow. Nous les avons inoculées de rat à souris, puis de souris à souris, par la voie péritonéale. La confirmation du fait constaté en 1933 s'est présentée avec la souche Marché au sixième passage sur souris. Le virus, reporté sur cobaye et sur rat, ne provoquait plus la fièvre. Il est actuellement au douzième passage sur souris.

Un autre fait, inattendu, s'est révélé au cours de ces passages : l'infection typhique des souris qui, jadis, nous y insistons, avait toujours été inapparente, s'est accompagnée d'un symptôme manifeste, *la paralysie*. Actuellement nous entretenons la paralysie des souris avec les deux souches Port et Marché. Cette paralysie est produite régulièrement *par la voie péritonéale*. La maladie de la souris est brusque, elle évolue rapidement. Après un délai de 5 à 8 jours, l'animal se met en boule, le poil hérissé, il perd l'équilibre, puis les pattes postérieures se raidissent en extension et la mort survient de 3 à 6 heures après le début des symptômes. On ne constate jamais le tremblement ni les trémulations de la chorio-méningite. A l'autopsie des souris paralysées on trouve des *rickettsias* libres ou groupées en corps de Mooser dans les cellules endothéliales de la cavité péritonéo-vaginale.

Jusqu'à présent la paralysie n'a jamais été observée chez les cobayes inoculés à partir des souris paralysées. Dans les mêmes conditions, par la voie péritonéale, nous avons obtenu 6 fois la paralysie du rat. Celle-ci est généralement précédée d'une fièvre élevée; elle s'accompagne d'un développement extrêmement riche des *rickettsias* dans la cavité péritonéo-vaginale.

Le virus contenu dans le cerveau des souris est très abondant. *Il est titrable*. Nous le titrons en diluant les suspensions et en adoptant comme unité (unité-souris) la dose minima capable de provoquer la paralysie. Nous avons constaté dans ces conditions que le cerveau d'une souris paralysée contient *au moins* 150000 *unités*, c'est-à-dire que la 1/150000e partie d'un tel cerveau, inoculée à des souris neuves, toujours par la voie péritonéale, produit régulièrement la paralysie mortelle.

Nous avons soumis le virus cérébral des souris aux conditions de conservation en usage dans notre laboratoire : broyés et desséchés dans le vide en présence de phosphate de soude, les cerveaux de souris paralysées conservent leur virulence *pendant au moins 7 jours à la température ordinaire*.

Ces constatations sont nouvelles. Paul Giroud a signalé la possibilité

d'infections graves, mortelles, chez des souris inoculées de typhus murin. S'il a vu, il n'a pas signalé, même accidentelle, la paralysie qui se produit maintenant, entre nos mains, comme un phénomène régulier.

Lorsque cette paralysie est apparue dans nos passages, nous avons pensé d'abord à la chorio-méningite, encore que rien ne nous ait permis d'en suspecter la présence dans les différents élevages de souris que nous utilisons et que nous surveillons minutieusement de ce point de vue. Des souris de même provenance, utilisées au cours de recherches très diverses et comportant des trépanations, dans plusieurs laboratoires de notre Institut, n'ont pas été atteintes. De plus, la paralysie de nos souris a été régulièrement obtenue à la suite d'*inoculations péritonéales;* or nous savons que le virus de la chorio-méningite n'est pas actif par cette voie. D'autre part nous avons reproduit la paralysie *chez le rat*, animal non sensible à la chorio-méningite. Enfin nos souris paralysées sont porteurs de *rickettsias;* leurs cerveaux inoculés à des cobayes et à des rats ont déterminé fièvre, orchite, et développement presque toujours très riche de *rickettsias* dans la vaginale et le péritoine. Par conséquent nous ne découvrons aucune raison d'attribuer la paralysie des souris à quelque facteur autre que le virus typhique.

Notre interprétation de ces faits nouveaux est qu'il s'est produit, au cours des passages expérimentaux sur souris par voie péritonéale, une modification pathogène des deux souches tunisiennes de typhus murin; modification analogue, dans une certaine mesure, à celle qui s'est produite pour le virus de la fièvre jaune entre les mains de Max Theiler et de A. W. Sellards. Nos virus murins modifiés produisent constamment chez la souris une infection mortelle avec paralysie et présence d'une grande quantité de virus dans le cerveau; d'autre part le virus recueilli du cerveau, tout en conservant la propriété de paralyser la souris, ne produit plus chez le cobaye et le rat la fièvre ni l'orchite. Enfin ce virus peut être titré, desséché et conservé un certain temps à sec à la température ordinaire. Cet ensemble de propriétés le rendent éminemment utilisable pour la vaccination de l'homme contre le typhus.

BACTÉRIOLOGIE. — *Psittacose pulmonaire expérimentale de la souris blanche.* Note de M. **Georges Hornus**, présentée par M. Louis Martin.

Les deux voies d'inoculation habituellement utilisées pour l'étude expérimentale de la psittacose chez la souris sont les voies intra-péritonéale et intra-cérébrale. L'inoculation par voie respiratoire n'a, jusqu'à présent,

pas été étudiée systématiquement. Il nous a semblé intéressant de provoquer délibérément une psittacose pulmonaire chez la souris, la maladie humaine étant, dans la majorité des cas, une affection respiratoire.

Nous avons eu à notre disposition deux souches de virus : l'une, la souche P XV, nous a été fournie par M. Bedson qui l'a isolée en 1930 d'un perroquet; l'autre, la souche PR, a été récemment isolée à l'Institut Pasteur à partir d'une rate de perruche. La technique d'inoculation utilisée est extrêmement simple : les souris sont anesthésiées au chloroforme jusqu'à résolution musculaire complète et une à trois gouttes d'émulsion virulente sont déposées au niveau des narines. Quelle que soit la souche employée, les souris meurent en 2 à 3 jours. Dans les 4 à 6 heures précédant la mort, les souris sont très dyspnéiques, la respiration est saccadée et bruyante. Souvent, au moment où l'animal meurt, une quantité abondante de spume rosée sanguinolente fait issue au niveau de la bouche et des narines. Cette spume, pauvre en éléments cellulaires, contient en abondance des corps élémentaires typiques.

A l'autopsie, les lésions pulmonaires se présentent sous deux types : soit œdème pulmonaire, soit pneumonie alvéolaire, ces deux modalités réactionnelles étant d'ailleurs habituellement associées. A l'inverse de ce qui se passe pour les atteintes pulmonaires d'origine bactérienne, les foyers inflammatoires sont habituellement disséminés sans que le lobe pulmonaire soit atteint dans sa totalité. Sur les frottis de poumon, on voit de très nombreux corps élémentaires, soit libres, soit à l'intérieur de monocytes ou de cellules alvéolaires. Nous avons éliminé toutes les rares souris dont les frottis de poumon montraient des germes d'infection secondaire ou dont le sang du cœur donnait une culture sur les milieux habituels.

En ce qui concerne l'examen histologique, nous n'insisterons pas sur les lésions observées, lésions que nous aurons ultérieurement l'occasion de décrire. Nous dirons seulement l'abondance des corps élémentaires que l'on trouve dans les cellules de l'épithélium bronchique, dans les cellules alvéolaires et, lors des réactions inflammatoires, dans les grands monocytes.

Lorsque le virus est dilué, la diminution de virulence par voie nasale est parallèle à sa diminution par inoculation péritonéale, comme le montre le tableau suivant :

	Émulsion virulente : un lobe pulm. de 5^{cm^3} de bouillon		
	non diluée.	au 1/10e.	au 1/100e.
Voie périt., mort en	3 j.	3 j.	5 j.
Voie resp., »	2 j., 4 j.	3 j., 3 j.	5 j., 6 j.

Le passage de poumon à poumon ne semble guère modifier le pouvoir pathogène du virus. En effet, la souche P XV a actuellement subi neuf passages respiratoires successifs, et elle tue en deux à trois jours au neuvième passage comme au premier.

Au sixième passage, une émulsion de poumon est inoculée dans le péritoine d'une souris qui meurt le troisième jour avec culture du sang du cœur stérile et nombreux corpuscules sur les frottis de rate et d'exsudat péritonéal. La rate de cet animal est inoculée à deux autres souris qui meurent en deux et trois jours.

Il est donc possible de déterminer chez la souris, par instillation nasale de virus psittacosique, une pneumonie spécifique contenant en abondance les corps élémentaires pathognomoniques de cette infection. Le pouvoir pathogène du virus n'est pas modifié par les passages pulmonaires successifs.

IMMUNOLOGIE. — *Adsorption du virus de l'anémie infectieuse des Équidés sur l'hydroxyde d'alumine.* Note de M. **Louis-A. Martin**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Au cours des dix dernières années, de nombreux virus et toxines ont pu être adsorbés sur le précipité d'hydroxyde d'alumine. Tout dernièrement, Balozet [1] a étudié les qualités nouvelles acquises par le virus claveleux ainsi adsorbé.

Il était intéressant de voir si le virus de l'anémie infectieuse des Équidés, si rebelle à toute atténuation dans sa forme habituelle de sérum virulent, pouvait voir son pouvoir pathogène modifié après adsorption sur l'hydroxyde d'alumine.

Nous nous sommes servi d'hydroxyde d'alumine préparé au laboratoire à partir d'alun de potasse. Le virus s'est convenablement fixé sur le précipité d'alumine dans les circonstances expérimentales ci-dessous.

Une première expérience nous a permis de vérifier que le virus, constitué par du sérum virulent, gardait son pouvoir pathogène au cours des manipulations auxquelles on le soumettait.

Expérience I. — On prépare les mélanges suivants :

---

(1) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 349.

Mélange I. — A 40^{cm^3} d'alumine hydratée, on ajoute 32^{cm^3} de milieu tampon phosphaté, $0^{cm^3},4$ de lessive de soude au $1/10^e$ et 8^{cm^3} de sérum virulent.

Mélange II. — Même composition que le mélange I, mais le virus est représenté par 8^{cm^3} de sérum virulent dilué au $1/10^e$ en eau distillée.

Mélange III. — Même composition que le mélange II, l'alumine étant remplacée par un volume égal d'eau distillée.

Les trois mélanges sont agités 1 heure à l'agitateur électrique, puis laissés au repos 3 jours à l'obscurité à la température du laboratoire.

20^{cm^3} de chaque mélange sont inoculés à un âne par voie sous-cutanée. Les mélanges I et II déterminent une affection mortelle après respectivement 10 et 13 jours d'incubation apparente. Le mélange III détermine une affection inapparente.

Dans une seconde expérience, nous avons vérifié l'adsorption du virus sur l'hydroxyde d'aluminium. Les réactions locales ayant été, au cours de la première expérience, quelque peu persistantes, nous avons diminué le volume du complexe à injecter, et proportionnellement augmenté la quantité du virus dans le complexe.

Expérience II. — Le mélange suivant est préparé :

A 100^{cm^3} d'hydroxyde d'alumine sont ajoutés 80^{cm^3} de milieu tampon phosphaté, $0^{cm^3},5$ de lessive de soude au $1/10^e$ et 20^{cm^3} de sérum virulent au $1/5^e$.

Après une heure d'agitation, le flacon est laissé au repos à l'obscurité et à la température du laboratoire pendant 48 heures. Au bout de ce temps, le mélange est centrifugé à 3 reprises cinq minutes à 2750 t : m, avec réémulsion intermédiaire en eau distillée neutre. Le 3e culot de centrifugation est repris dans une quantité suffisante de milieu tampon de façon à obtenir 100^{cm^3} d'émulsion.

La présence du virus dans les eaux de lavage a été recherchée indirectement par la mise en évidence dans ces eaux des protéines du sérum infectant auxquelles le virus est obligatoirement lié [Kral (2)].

La première eau de lavage a montré une légère trace de matières protéiques, les autres eaux de lavage n'en contenaient pas.

Le complexe alumine-virus anémique obtenu a été inoculé à la dose de 10^{cm^3} sous la peau de deux ânes qui firent, l'un et l'autre, un accès caractéristique d'anémie infectieuse après respectivement 13 et 16 jours d'incubation apparente.

D'autres expériences concordantes vinrent compléter ces premières données. Au total, sur huit ânes inoculés à l'aide du complexe alumine-virus anémique, sept présentèrent une maladie apparente et un une infection inapparente.

Nous voyons que l'adsorption du virus de l'anémie infectieuse sur l'hydroxyde d'aluminium ne modifie pas les propriétés pathogènes du

(2) *Recueil de Médecine Vétérinaire*, 109, 1933, p. 912.

virus. Il faut cependant espérer que le complexe alumine-virus anémie se comportera différemment du virus seul vis-à-vis des divers agents d'atténuation et que les recherches pourront ainsi s'orienter dans une direction nouvelle.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur une modalité particulière des phénomènes de choc.* Note de M. **Wladislas Kopaczewski**, présentée par M. Louis Martin.

En 1912, Hort et Penfold (1) ont observé que l'injection intraveineuse d'une culture microbienne, additionnée d'une certaine quantité d'eau, tue rapidement un lapin à la dose subléthale de chacune de ces deux substances injectées séparément. Les auteurs expliquaient ce fait par la lyse des cellules microbiennes et sanguines. En modifiant cette expérience (sérum hétérogène à la place de la culture bactérienne), H. Violle a publié, en 1936, des résultats tendant à assimiler ces faits aux phénomènes de choc (2). Quoique la technique de cette expérimentation nous parût discutable [choix du lapin comme animal d'expériences, introduction de grandes quantités d'eau distillée (50 à 70^{cm^3}) dans les veines, faible nombre d'animaux employés, absence de précisions concernant la rapidité d'injection, etc.], nous avons essayé de contrôler ces résultats sur des cobayes, et nous nous sommes rapidement convaincu que l'injection à un cobaye d'environ 1/30e de son poids d'eau distillée (8 à 15^{cm^3}) le tue sans délai si l'injection est rapide; si l'on injecte lentement, l'addition d'un centimètre cube de sérum normal de cheval ne produit aucune aggravation de phénomènes cliniques. Bien plus, en essayant de provoquer le choc anaphylactique vrai chez des animaux sensibilisés à l'aide d'un sérum, hétérologue, en leur injectant au bout d'un certain temps du même sérum mais dilué dans de l'eau distillée, nous n'avons pas pu diminuer la dose mortelle. Pour ces raison nous n'avons pas cru devoir publier ces expériences.

Signalons toutefois qu'il n'en est pas de même lorsque l'injection de l'eau distillée est faite chez des animaux ainsi sensibilisés; alors, en s'en servant pour l'injection déchaînante, on provoque un choc mortel; ce fait a été établi par Novy et de Kruif en 1916. Par ailleurs, cette expérience

(1) *Journ. of. Hygiene,* **12**, 1912, p. 361.
(2) H. Violle, *Bull. Acad. Médecine,* **116**, 1936, p. 629.

pose le problème de spécificité des phénomènes d'anaphylaxie et des phénomènes de choc, en général, laquelle, malgré de nombreux travaux (Richet, Billard et autres), est encore soutenue par quelques auteurs. Nous avons consacré à toutes ces questions une monographie spéciale récente (3).

Tout récemment, H. Violle vient de publier un travail relatant de nouvelles expériences où la technique a été encore une fois modifiée (4). L'eau distillée, considérée comme agent lytique, a été remplacée par la saponine, ce qui a permis de réduire nettement le volume de liquide injecté : en introduisant dans la circulation des quantités de saponine telles que le début d'une hémolyse puisse être constatée chez des lapins, et, aussitôt après, une suspension (encre de Chine ou une culture microbienne de *Proteus vulgaris*), on peut tuer l'animal. L'auteur tire de ces expériences la conclusion que « l'hémolyse, en permettant le mélange des colloïdes globulaires et plasmatiques, normalement séparés, a provoqué, dans le liquide sanguin, l'apparition d'un état de stabilité précaire, insuffisant à lui seul pour produire des troubles apparents mais que l'injection seconde a facilement détruits, au point d'amener la floculation et la mort » (p. 544).

Les expériences de H. Violle et ses conclusions ne sont que confirmation de faits connus et contrôlés.

En effet, en 1920, nous avons démontré qu'en introduisant « dans la circulation des produits comme peptone, certains extraits d'organes, lécithines, savons, etc., une diminution très marquée de la tension superficielle provoque une lyse des éléments cellulaires » (*Soc. de Biologie*, 19 juin 1920). Puis, en 1922, nous avons relaté les expériences concernant la mort des animaux, ayant résisté au choc anaphylactique, à la suite d'injection intraveineuse d'une faible quantité de suspension de kaolin, et nous avons conclu que « c'est par l'hémolyse que s'explique la production du choc par les fortes doses d'oléate de soude et l'aggravation du choc par les suspensions mécaniques en présence de cette substance » (5).

Quant à l'interprétation de ces résultats, on nous permettra de citer les conclusions publiées en 1914, corroborées par l'enregistrement cinématographique des phénomènes (en collaboration avec Comandon) : « le choc

(3) W. Kopaczewski, *Protoplasma*, 28, 1937, p. 469; *Traité de Biocolloïdologie*, 4, v, Paris, 1936.

(4) H. Violle, *Comptes rendus*, 208, 1929, p. 542.

(5) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1034.

humoral est accompagné d'une agglomération des cellules du sérum » (*Soc. de Biologie*, 18 juillet 1914, p. 392) ; en 1917, nous avons établi que le choc par le sérum de la murène « est une réaction physique de précipitation » ([6]); enfin, en 1920, nous avons annoncé notre conception des phénomènes de choc en les termes suivants : « l'introduction d'un colloïde déterminé dans le sang provoque une rupture d'équilibre micellaire, en se traduisant par une floculation colloïdale; on peut admettre qu'il en résulte une obstruction du réseau capillaire pulmonaire et l'asphyxie consécutive, avec son cortège habituel de symptômes » ([7]). Notons en passant que le premier travail de A. Lumière, auquel H. Violle attribue la paternité de la conception colloïdale des phénomènes de choc, date de 1920 ([8]).

En ce qui concerne le mécanisme invoqué par H. Violle, floculation par mélange des colloïdes plasmatiques et intracellulaires, soulignons que c'est là une hypothèse, qu'aucun fait expérimental ne corrobore; bien au contraire, on sait que les globules sanguins se détruisent constamment *in vivo*, parfois en masse, sans qu'aucune manifestation morbide apparente n'en résulte. Il est plus probable que l'hémolyse, en diminuant la capacité respiratoire sanguine, contribue à l'asphyxie produite par l'oblitération des capillaires bronchiques due soit à la floculation (sérums hétérologues), soit à la gélification intravasculaire (suspensions).

BACTÉRIOTHÉRAPIE. — *Essai de bactériothérapie cutanée locale dans l'épithélioma du lapin* (*Brown-Pearce*). Note de M. **Alexandre Besredka**, présentée par M. Louis Martin.

La similitude des réactions cutanées que nous avons observées à la suite de l'injection de bactéridies, d'une part, et de tumeurs malignes, d'autre part, nous a incité à essayer la bactériothérapie dans le cas de l'épithélioma du lapin. Ayant constaté récemment ([1]) que des lapins recevant dans la peau une dose mortelle de bactéridies demeurent indemnes, si on leur injecte au même niveau des streptocoques vivants, nous nous sommes

---

([6]) *Comptes rendus*, **165**, 1917, p. 803.
([7]) *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 133.
([8]) *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 1170.

([1]) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 382; voir aussi *Annales Institut Pasteur*, **62**, 1939, p. 28.

demandé, si en raison de l'affinité de l'épithélioma de Brown-Pearce pour la peau, on ne saurait réaliser la même interférence entre les streptocoques et cette tumeur.

Voici, à titre d'exemple, une de nos expériences. Elle a porté sur quatre lapins neufs et sur six lapins préparés par un mélange d'émulsion tumorale et de streptocoques (cinq lapins) et par un mélange d'émulsion tumorale et de staphylocoques (un lapin).

Sur les six lapins préparés, trois (505, 508, 510) furent soumis à l'épreuve *par la voie intratesticulaire*, ainsi que deux lapins neufs (586, 587). Trois autres lapins préparés (503, 506, 507), ainsi que deux témoins (590, 589), furent soumis à l'épreuve *par la voie sous-cutanée*.

A. *Lapin* 506. — 20 oct. Injection dans la peau d'un mélange de 1^{cm^3} d'émulsion tumorale et de 5 gouttes de culture de streptocoques (souche 560) de 24 heures en bouillon glucosé.

23 oct. La peau, au niveau de l'injection, est rouge;

25 oct. collection de pus, recouverte d'une peau rouge;

28 oct. la peau reprend l'aspect rose normal;

2 nov. petit abcès fluctuant, il en sort à la pression une goutte de pus;

7 nov. l'abcès persiste;

20 nov. à la place de l'abcès, on voit une petite croûte.

25 nov. On injecte *dans chaque testicule* une émulsion (1^{cm^3} et $0^{cm^3},5$) chargée d'épithélioma.

La réaction traumatique du début disparaît assez vite; dans la suite, les testicules ne présentent pas la moindre trace de tumeur.

Lapin 508. — 20 oct. Injection dans la peau d'un mélange de 1^{cm^3} d'émulsion tumorale et de 10 gouttes de culture de streptocoques. Les réactions cutanées, consécutives à cette injection, sont à peu près les mêmes que celles indiquées chez le lapin précédent.

25 nov. Injection *dans chaque testicule* d'une émulsion (1^{cm^3} et $0^{cm^3},5$) chargée d'épithélioma. Pas de réaction néoplasique dans la suite.

Lapin 510. — 20 oct. Injection dans la peau d'un mélange de 1^{cm^3} d'émulsion tumorale et de 1 goutte de culture de *staphylocoques* de 24 heures en bouillon; il apparaît une réaction locale, beaucoup plus intense que chez les deux lapins précédents; une croûte noire se forme, laquelle s'élimine vers le 20 nov.

25 nov. Injection *dans chaque testicule* d'une émulsion (1^{cm^3} et $0^{cm^3},5$) chargée d'épithélioma. Pas de réaction néoplasique dans la suite.

Les deux témoins (586, 587), *injectés dans les testicules* le 25 nov., ont présenté des orchites néoplasiques typiques : l'un à partir du 7 déc. et l'autre à partir du 13 déc.

B. *Lapin* 503. — 20 oct. Injection dans la peau d'un mélange de 1^{cm^3} d'émulsion tumorale et de 3 gouttes de culture de streptocoques (souche 560) de 24 heures en bouillon glucosé;

23 oct. la peau est rouge; abcès au-dessous;

25 oct. la peau est rose; du pus au-dessous;
du 28 oct. au 2 nov., l'abcès est fluctuant;
7 nov. l'abcès est recouvert d'une peau d'aspect normal;
20 nov. petite croûte à la place de l'abcès.
25 nov. Injection *sous la peau* de 2^{cm^3} d'émulsion tumorale chargée.
L'animal est examiné tous les jours pendant un mois; on ne constate pas trace de tumeur sous-cutanée.

Lapin 506. — 20 oct. Injection dans la peau d'un mélange de 1^{cm^3} d'une émulsion tumorale et de 5 gouttes de culture de streptocoques.
23 oct. formation d'un abcès qui persiste jusqu'au 7 nov. Tout revient à l'état normal vers le 20 nov.
25 nov. Injection *sous la peau* de 2^{cm^3} d'émulsion tumorale chargée.
Pas trace de tumeur sous-cutanée dans la suite.

Lapin 507. — 20 oct. Injection dans la peau d'un mélange de 1^{cm^3} d'émulsion tumorale et de 10 gouttes de culture de streptocoques;
23 oct. apparition d'un abcès qui persiste jusqu'au 7 nov.;
20 nov. peau normale.
25 nov. Injection sous la peau de 2^{cm^3} d'émulsion chargée d'épithélioma. Vers le 13 déc., on constate sous la peau une petite tuméfaction : à l'incision, on trouve une petite collection de pus, sans trace de tumeur.

Lapins 590 et 589, témoins. Ils sont injectés *sous la peau* le 25 nov. A partir du 7 déc., tous les deux présentent des tumeurs sous-cutanées, caractéristiques.

Conclusion. — En inoculant au lapin dans la peau une émulsion d'épithélioma, concurremment avec des streptocoques vivants, on assiste, très rapidement, à la formation d'une collection purulente qui a toutes les apparences d'un abcès chaud anodin. Dès que cet abcès guérit, l'animal devient réfractaire à une nouvelle injection d'épithélioma, alors même que cette injection est faite dans les testicules. L'évolution de la tumeur néoplasique se trouve de la sorte complètement transformée par la bactériothérapie cutanée locale; il n'en résulte pas moins une immunité solide à l'égard de la tumeur épithéliomateuse maligne.

A $16^h 35^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Astronomie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante dans la Section d'Astronomie par le décès de M. *de La Baume Pluvinel :*

En première ligne..........	M. **Armand Lambert**.
En seconde ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*...	MM. **Jules Baillaud**. **Bernard Lyot**.
En troisième ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*...	MM. **Lucien d'Azambuja**. **Fernand Baldet**. **Henri Chrétien**.

Les titres de ces candidats sont discutés.
L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17h.

A. Lx.




Librairie-Imprimerie GAUTHIER-VILLARS
Tél. : DANTON 05-11 et 05-12 55, Quai des Grands-Augustins, PARIS (6e)

MÉMORIAL DES SCIENCES MATHÉMATIQUES

Publié sous le patronage de l'Académie des Sciences de Paris,
des Académies de Belgrade, Bruxelles, Bucarest, Coïmbre, Cracovie, Kiew, Madrid, Prague, Rome, Stockholm

Directeur : Henri VILLAT
Membre de l'Institut
Professeur à la Sorbonne
Directeur du Journal de Mathématiques pures et appliquées

Fascicules in-8 raisin (25-16) de 60 pages environ, se vendant séparément........... 20 fr.

Fascicules parus :

1. **APPELL (Paul).** — *Sur une forme générale des équations de la dynamique.*
2. **VALIRON (G.).** — *Fonctions entières et fonctions méromorphes.*
3. **APPELL (Paul).** — *Séries hypergéométriques de plusieurs variables, polynomes d'Hermite et autres fonctions sphériques de l'hyperespace.*
4. **OCAGNE (M. d').** — *Esquisse d'ensemble de la Nomographie.*
5. **LÉVY (P.).** — *Analyse fonctionnelle.*
6. **GOURSAT (E.).** — *Le problème de Bäcklund.*
7. **BUHL (A.).** — *Séries analytiques. Sommabilité.*
8. **DONDER (Th. De).** — *Introduction à la Gravifique einsteinienne.*
9. **CARTAN (E.).** — *La Géométrie des espaces de Riemann.*
10. **HUMBERT (P.).** — *Fonctions de Lamé et fonctions de Mathieu.*
11. **BOULIGAND (G.).** — *Fonctions harmoniques. Principes de Picard et de Dirichlet.*
12. **GOSSE (R.).** — *La méthode de Darboux pour les équations aux dérivées partielles $s = f(x, y, z, p, q)$.*
13. **VÉRONNET (A.).** — *Figures d'équilibre et Cosmogonie.*
14. **DONDER (Th. De).** — *Théorie des champs gravifiques.*
15. **ZAREMBA (S.).** — *La logique des mathématiques.*
16. **BUHL (A.).** — *Formules stokiennes.*
17. **VALIRON (G.).** — *Théorie générale des séries de Dirichlet.*
18. **SAINTE-LAGÜE (A.).** — *Les réseaux (ou graphes).*
19. **LAGRANGE (R.).** — *Calcul différentiel absolu.*
20. **BLOCH (A.)** — *Les fonctions holomorphes et méromorphes dans le cercle-unité.*
21. **JANET (M.).** — *Les systèmes d'équations aux dérivées partielles.*
22. **GODEAUX (L.).** — *Les transformations birationnelles du plan.*
23. **REMOUNDOS (G.).** — *Extension aux fonctions algébroïdes multiformes du Théorème de M. Picard et de ses applications.*
24. **NORLUND (N.-E.).** — *Sur la « somme » d'une fonction.*
25. **DARMOIS (G.).** — *Les équations de la gravitation einsteinienne.*
26. **GAMBIER (B.).** — *Déformation des surfaces étudiée du point de vue infinitésimal.*
27. **APPELL (Paul).** — *Le problème géométrique des déblais et remblais.*
28. **COTTON (Émile).** — *Approximations successives et équations différentielles.*
29. **GUICHARD (C.).** — *Les courbes de l'espace à n dimensions.*
30. **ZORETTI (L.).** — *Les principes de la mécanique classique.*
31. **GAMBIER (Bertrand).** — *Déformation des surfaces étudiée du point de vue fini.*
32. **RIQUIER (Ch.).** — *La méthode des fonctions majorantes et les systèmes d'équations aux dérivées partielles.*
33. **BUHL (A.).** — *Aperçus modernes sur la théorie des groupes continus et finis.*
34. **VERGNE (H.).** — *Ondes liquides de gravité.*
35. **LECORNU (L.).** — *Théorie mathématique de l'élasticité.*
36. **APPELL (Paul).** — *Sur la décomposition d'une fonction méromorphe en éléments simples.*
37. **CERF (G.).** — *Transformations de contact et problème de Pfaff.*
38. **VALIRON (G.).** — *Familles normales et quasi normales de fonctions méromorphes.*
39. **NAGELL (T.).** — *L'analyse indéterminée de degré supérieur.*
40. **LEFSCHETZ (S.).** — *Géométrie sur les surfaces et les variétés algébriques.*
41. **SAINTE-LAGÜE.** — *Géométrie de situation et jeux.*
42. **CARTAN (E.).**— *La théorie des groupes finis et continus et l'Analysis situs.*
43. **DONDER (Th. De).** — *Applications de la Gravifique einsteinienne.*
44. **LEAU (L.).** — *Les suites de fonctions en général. Domaine réel.*

MÉMORIAL DES SCIENCES MATHÉMATIQUES (*suite*)



Librairie-Imprimerie GAUTHIER-VILLARS

Tél. : DANTON 05-11 et 05-12 55, Quai des Grands-Augustins, PARIS (6e)

MÉMORIAL DES SCIENCES PHYSIQUES

Publié sous le patronage de l'Académie des Sciences de Paris, des Académies de Belgrade, Bruxelles, Bucarest, Coïmbre, Cracovie, Kiew, Madrid, Prague, Rome, Stockholm

Directeurs :

Ch. FABRY
Membre de l'Institut
Professeur à l'École Polytechnique

Henri VILLAT
Membre de l'Institut
Professeur à la Sorbonne
Directeur du Journal de Mathématiques pures et appliquées

Jean VILLEY
Professeur à la Sorbonne

Fascicules in-8 raisin (25-16) de 60 pages environ, se vendant séparément. . . . . 20 fr.

Viennent de paraître :

38. **GUILLET** et **AUBERT**. — *Propriétés électrostatiques des systèmes sphériques.*
39. **DARMOIS** et **COHU**. — *La Photométrie industrielle.*

1. **BROGLIE (L. de).** — *La Mécanique ondulatoire.*
2. **GRAMONT (A. de).** — *La Télémétrie monostatique.*
3. **MOREAU (G.).** — *Propriétés électriques et magnétiques des flammes.*
4. **DUNGEN (F.-H. Van den).** — *Les théories générales de la technique des vibrations.*
5. **BARBAUDY (J.).** — *Les bases physico-chimiques de la distillation.*
6. **BEDEAU (F.).** — *Le quartz piézo-électrique et ses applications dans la technique des oscillations hertziennes.*
7. **AUBEL (E.).** et **GENEVOIS (A.).** — *L'état actuel de la question des ferments.*
8. **DUBRISAY (R.).** — *Application de la mesure des tensions superficielles à l'Analyse chimique.*
9. **RIBAUD (G.).** — *Le rayonnement des corps non noirs.*
10. **MESNAGER (A.).** — *Détermination expérimentale des efforts intérieurs dans les solides.*
11. **FABRY (Ch.) et BUISSON (H.).** — *L'absorption des radiations dans la haute atmosphère.*
12. **ROTHÉ (E.).** — *Les ondes séismiques et leur propagation.*
13. **MESNY (R.).** — *Les réseaux électromagnétiques et leurs applications.*
14. **BIALOBRZESKI (C.).** — *La thermodynamique des étoiles.*
15. **LERBERGHE (G. Van).** — *Calcul des affinités physico-chimiques.*
16. **BOUTARIC (A.).** — *La concentration des ions d'hydrogène*
17. **BARBILLION (M.).** — *Réglage électrique et mécanique des Stations centrales productrices d'énergie.*
18. **CAGNIARD (L.).** — *Les variations du pouvoir inducteur spécifique des fluides.*
19. **RICHARD (M.-A.).** — *La synthèse industrielle des alcools.*
20. **DUNOYER (M.-L.).** — *Les émissions électroniques des couches minces.*
21. **VILLEY (J.).** — *Introduction à l'étude de la Résistance des matériaux.*
22. **BUHL (A.).** — *Structures analytiques et théories physiques.*
23. **VILLEY (J.).** — *Éléments de Thermodynamique cinétique* (Préface de M. FABRY).
24. **FABRY (Ch.).** — *Les principes de la Photométrie en Astronomie et en Physique.*
25. **GUTTON (M. C.).** — *Lignes téléphoniques.*
26. **LABROUSTE (H.).** — *L'analyse des séismogrammes.*
27. **FOEX (G.).** — *Les lois expérimentales du paramagnétisme.*
28. **VILLEY (J.).** — *Les principes des Moteurs thermiques.*
29. **SUDRIA (J.).** — *L'action euclidienne de déformation et de mouvement.*
30. **HENRIOT (E.).** — *Les couples de radiation et les moments électromagnétiques.*
31. **VILLEY (J.).** — *Le rendement des moteurs thermiques.*
32. **PARISELLE (H.).** — *Polarimétrie et Chimie.*
33. **VILLEY (J.).** — *Propriétés générales des fluides moteurs.*
34. **BUHL (A.).** — *Analogies corpusculaires et ondulatoires.*
35. **MOREAU (G.).** — *Les déformations élastiques et plastiques des réseaux cristallins.*
36. **TRILLAT (Jean-J.).** — *Moments électriques, adsorption et lubrification.*
37. **GUILLET (A.).** — *Les bases de la Stroboscopie.*

A partir du 1er octobre 1937, le prix du fascicule a dû être porté à 20 francs; mais il est établi des **abonnements à 10 fascicules successifs à paraître**, au prix global de 175 francs.

N° 9.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 27 Février 1939).

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉLECTIONS.

PLIS CACHETÉS.

CORRESPONDANCE.

N° 9.

TABLE DES ARTICLES (*suite*).

CORRESPONDANCE (*suite*).

COMITÉ SECRET.

1939

PREMIER SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

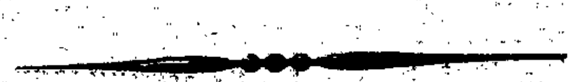
DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS

TOME 208

N° 10 (6 Mars 1939).



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Quai des Grands-Augustins, 55

1939

N° 10.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 6 Mars 1939).

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉLECTIONS.

PRÉSENTATIONS.

COMMISSIONS.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 MARS 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE. — *Sur les forces dynamométriques et les forces de champ.* Note (¹) de M. **Ernest Esclangon.**

Nous avons montré (²) que, en relativité restreinte, les équations du mouvement d'un point matériel soumis à une force dynamométrique (traction par un fil par exemple) ne sont pas en accord avec celles qu'on déduit du principe de conservation de l'énergie dans un champ de forces, notamment en ce qui concerne l'expression de la masse latérale.

Envisageons un champ de forces étudié dans un système S. En réalité, la caractéristique complète d'un tel champ doit comporter la définition en tout point géométrique M et à une époque t, de l'accélération d'un point matériel soumis à ce champ et animé en M d'une vitesse donnée, c'est-à-dire

$$(1) \qquad \frac{d^2x}{dt^2} = \Phi\left(x, y, t, \frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}\right), \qquad \frac{d^2y}{dt^2} = \Psi\left(x, y, t, \frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}\right).$$

Si l'on considère un second système S' en translation uniforme de vitesse v suivant Ox, on peut alors caractériser ce même champ dans S' d'une manière analogue, d'après les formules

$$(2) \quad \frac{d^2x'}{dt'^2} = \frac{\left(1 + \frac{v}{C}\frac{dx'}{dt'}\right)^3}{\left(1 - \frac{v^2}{C}\right)^{\frac{3}{2}}} \frac{d^2x}{dt^2}, \quad \frac{d^2y'}{dt'^2} = \frac{\left(1 + \frac{v}{C}\frac{dx'}{dt'}\right)^2}{\left(1 - \frac{v^2}{C}\right)^{\frac{3}{2}}} \left[\left(1 - \frac{v^2}{C}\right)^{\frac{1}{2}} \frac{d^2y}{dt^2} + \frac{v}{C}\frac{dy'}{dt'}\frac{d^2x}{dt^2}\right]$$

(¹) Séance du 27 février 1939.

(²) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 62, et *Bull. Astr.*, 10, 1, 1937, p. 48.

dans lesquelles on remplacera d^2x/dt^2, d^2y/dt^2 par leurs expressions (1) dans lesquelles x, y, t, dx/dt, dy/dt sont eux-mêmes remplacés en fonction de x', y', t', dx'/dt', dy'/dt'.

On peut évidemment considérer d'une manière particulière dans les formules (1) les accélérations, définies en chaque point M et à l'instant t, qui correspondent à des vitesses nulles ($dx/dt = dy/dt = 0$), ce qui donnerait les fonctions $\Phi(x, y, t, 0, 0)$, $\Psi(x, y, t, 0, 0)$, mais ces fonctions ne suffisent à caractériser les propriétés du champ [3], que si par des considérations ou des circonstances physiques, mécaniques ou autres, on sait en déduire les fonctions générales Φ et Ψ des formules (1). C'est ce qui pourrait se produire, par exemple, si l'on savait *a priori* et suivant les cas, que dans tel ou tel système S' en translation par rapport à S, les formules (2) doivent garder une forme identique à (1), c'est-à-dire rester invariantes.

Considérons plus particulièrement les champs *constants*, c'est-à-dire ceux dans lesquels les fonctions Φ et Ψ ne dépendent ni de x, y, ni de t, pour lesquels par conséquent on peut écrire

$$(3)\qquad \frac{d^2x}{dt^2} = \Phi\left(\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}\right), \qquad \frac{d^2y}{dt^2} = \Psi\left(\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}\right).$$

Le champ est alors constant aussi dans S'.

Résolvons préalablement le problème suivant. A quelles conditions, pour les fonctions Φ et Ψ, les formules (3) sont-elles invariantes vis-à-vis de tous les systèmes S' en translation uniforme dans une direction donnée? Si cette direction est celle de Ox, nous avons montré [4] que, en posant

$$(4)\qquad u = \frac{dx}{dt}, \qquad \lambda = \frac{\dfrac{dx}{dt}}{\left(1 - \dfrac{u^2}{C}\right)^{\frac{1}{2}}}, \qquad \mu = \frac{\dfrac{dy}{dt}}{\left(1 - \dfrac{u^2}{C}\right)^{\frac{1}{2}}},$$

les relations (3), supposées invariantes, se mettent nécessairement sous la forme

$$(5)\qquad \frac{d\lambda}{dt} = \varphi(\mu), \qquad \frac{d\mu}{dt} = \left(1 - \frac{u^2}{C}\right)^{\frac{1}{2}} \theta(\mu),$$

---

(3) Il serait possible notamment que, vis-à-vis de deux systèmes S et S' en translation uniforme, les expressions $\Phi(x, y, t, 0, 0)$, $\Psi(x, y, t, 0, 0)$ restent invariantes sans que les expressions analytiques complètes de l'accélération en fonction des vitesses restent elles-mêmes invariantes.

(4) *Bulletin astronomique*, 10, 1, 1937, p. 48.

$\varphi(\mu)$ et $\theta(\mu)$ étant des fonctions arbitraires de μ. L'invariance ne peut avoir lieu pour deux directions distinctes. C'est ainsi que dans le cas d'un point matériel soumis à une traction constante (par l'intermédiaire d'un fil par exemple) parallèle à Oy, on démontre que les équations du mouvement doivent être invariantes par rapport à toutes les translations uniformes parallèles à Ox, ce qui permet de déterminer entièrement les fonctions φ et θ, à savoir $\varphi(\mu) = 0$, $\theta(\mu) = k[1-(\mu^2/C)]^{\frac{3}{2}}$.

Soit maintenant un champ constant dans S, parallèle à Ox, c'est-à-dire que, dans les relations (3), on suppose par hypothèse $\Psi(0, 0) = 0$. Dans S', en translation, avec la vitesse v suivant Ox, le champ est constant également ainsi qu'il résulte des expressions (2), et l'on peut écrire

$$\frac{d^2x'}{dt'^2} = \Phi'\left(\frac{dx'}{dt'}, \frac{dy'}{dt'}\right), \qquad \frac{d^2y'}{dt'^2} = \Psi'\left(\frac{dx'}{dt'}, \frac{dy'}{dt'}\right), \tag{6}$$

avec

$$\Phi'(0, 0) = \frac{\Phi(v, 0)}{\left(1-\frac{v^2}{C}\right)^{\frac{3}{2}}}, \qquad \Psi'(0, 0) = \frac{\Psi(v, 0)}{\left(1-\frac{v^2}{C}\right)}. \tag{7}$$

Si les relations (3) sont invariantes, vis-à-vis des translations parallèles à Ox (translatives suivant Ox), on a alors

$$\Phi'(0, 0) = \Phi(0, 0) = \varphi(0); \qquad \Psi'(0, 0) = \Psi(0, 0) = \theta(0), \tag{8}$$

et, si la direction du champ est parallèle à Ox (accélérations parallèles à Ox pour des vitesses nulles), on doit avoir $\theta(0) = 0$. Enfin, pour raisons de symétrie de part et d'autre de la direction Ox, on doit avoir

$$\left\{\begin{array}{l} \Phi\left(\frac{dx}{dt}, -\frac{dy}{dt}\right) = \Phi\left(\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}\right), \qquad \Psi\left(\frac{dx}{dt}, -\frac{dy}{dt}\right) = -\Psi\left(\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}\right), \\ \qquad\qquad \Psi\left(\frac{dx}{dt}, 0\right) = 0, \end{array}\right. \tag{9}$$

c'est-à-dire

$$\varphi(\mu) = \varphi(-\mu), \qquad \theta(-\mu) = -\theta(\mu). \tag{10}$$

Jusqu'ici il n'a été introduit aucune notion de physique ou de mécanique. La question qui se pose maintenant est de savoir si les équations du mouvement attaché à un champ de forces sont translatives parallèlement à ce champ ([5]). Il est à remarquer que dans l'hypothèse de

([5]) Elles ne peuvent pas être translatives perpendiculairement à ce champ, puisqu'on obtient dans ce cas des équations incompatibles avec le principe de conservation de l'énergie.

propriété translative suivant Ox, l'équation du mouvement d'un point, parallèlement à Ox, $(\mu = 0)$ est, d'après les équations (5),

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \left(1 - \frac{u^2}{C}\right)^{\frac{3}{2}} \varphi(0), \tag{11}$$

c'est-à-dire précisément l'équation classique qu'on déduit du principe de conservation de l'énergie. Si l'application de ce principe est regardée comme légitime, on peut être fondé à penser corrélativement que les équations du mouvement sont translatives parallèlement à Ox, et par nouvelle application du principe de conservation de l'énergie, pour les mouvements perpendiculaires au champ (vitesse initiale $u = 0$), on en tire immédiatement $\varphi(\mu) = k[1 - (\mu^2/c)]^{\frac{1}{2}}$. En résolvant les équations (5) par rapport à d^2x/dt^2 et d^2y/dt^2, on obtient

$$\left\{\begin{aligned} \frac{d^2x}{dt^2} &= k\left(1 - \frac{u^2}{C}\right)\left(1 - \frac{V^2}{C}\right)^{\frac{1}{2}} \\ \frac{d^2y}{dt^2} &= \left(1 - \frac{u^2}{C}\right)\theta(\mu) - \frac{k}{C}\frac{dx}{dt}\frac{dy}{dt}\left(1 - \frac{V^2}{C}\right)^{\frac{1}{2}} \end{aligned}\right. \qquad \left[V^2 = \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2\right], \tag{12}$$

équations qu'on pourrait, dans le cas général, considérer comme les équations intrinsèques du mouvement, k représentant en un point l'intensité du champ [6], dx/dt, dy/dt et d^2x/dt^2, d^2y/dt^2 étant les projections de la vitesse et de l'accélération respectivement sur la direction du champ et la direction perpendiculaire.

Considérons le mouvement observé dans un système S'' en translation uniforme de vitesse v parallèle à Oy. Les accélérations qui correspondent à des *vitesses nulles* dans ce système sont données par

$$\frac{d^2x''}{dt''^2} = \frac{\varphi(v)}{\left(1 - \frac{v^2}{C}\right)}, \qquad \frac{d^2y''}{dt''^2} = \frac{\theta(v)}{\left(1 - \frac{v^2}{C}\right)^{\frac{3}{2}}}. \tag{13}$$

Il est probable que la fonction $\theta(\mu)$ doit être prise égale identiquement à zéro, mais en prenant $\varphi(\mu) = k[1 - (\mu^2/C)]^{\frac{1}{2}}$, l'accélération d^2x''/dt''^2 resterait dépendante de v. A quelques précisions près, tenant à l'influence éventuelle du champ sur les temps définis par les horloges et à la définition

(6) C'est-à-dire l'accélération pour les vitesses nulles. Nous faisons abstraction des masses, parce qu'il s'agit ici de l'action sur un point matériel déterminé.

d'une translation uniforme dans un champ, il semble qu'on pourrait en conclure, par exemple, que les lois de la chute des corps changeraient suivant la vitesse uniforme du système de comparaison, et pour préciser une image, ne seraient pas les mêmes dans un ascenseur et dans une voiture de chemin de fer.

SÉROTHÉRAPIE. — *Sur les caractéristiques pathogènes des microbes de la gangrène gazeuse. Principes fondamentaux de la sérothérapie antigangréneuse.* Note de M. **Hyacinthe Vincent**.

Il existe un groupe de microbes anaérobies pathogènes qui présentent un ensemble de particularités biologiques spéciales : ce sont les agents de la gangrène gazeuse. En premier lieu, ils vivent et se perpétuent dans le milieu extérieur et se comportent ainsi comme des saprophytes. En second lieu, séparés de leurs toxines respectives, puis inoculés sous la peau ou dans les muscles, ils ne manifestent que rarement un pouvoir pathogène. Enfin, si l'on traumatise les tissus dans lesquels on va les inoculer, si l'on provoque des ruptures vasculaires, si l'on injecte des substances chimiques nécrosantes (E. Roux, H. Vincent), si l'on refroidit fortement le membre inoculé (H. Vincent) etc., en un mot si l'on transforme les tissus d'inoculation en milieux inertes, ces derniers offrent un terrain propice à la multiplication de ces agents infectieux.

Les conditions adjuvantes précitées sont, à la fois, nécessaires et suffisantes. Sous leur influence, ces anaérobies, qui ont les caractères des saprophytes, deviennent aptes à proliférer *in vivo*, à acquérir des propriétés pathogènes redoutables, enfin à déterminer la mort de l'homme ou des animaux, soit par leur végétation active et intense plus ou moins aidée par leurs toxines ou leur pouvoir protéolytique (*Bacillus perfringens*, vibrion septique, *Bacillus histolyticus*), soit plus spécialement par leurs toxines (*Bacillus œdematiens*).

Ce sont donc des saprophytes éventuellement pathogènes ([1]).

([1]) Cette constatation et cette définition s'appliquent à la toxi-infection tétanique (L. Vaillard et H. Vincent). Moins dangereux et surtout moins toxiques, *Bacillus fusiformis* et *Spirochæta vincenti* peuvent cependant donner lieu, en symbiose, non seulement au noma, mais encore à la gangrène ou pourriture d'hôpital (H. Vincent), jadis si meurtrière chez les blessés. J'ai observé la perte complète du pied ou de la jambe chez de tels infectés.

J'ai été conduit, au cours de la guerre de 1914, à étudier une méthode de sérothérapie permettant de combattre avec efficacité les agents déterminants de la gangrène gazeuse. Sa préparation et sa pratique, pour laquelle j'ai eu la collaboration de G. Stodel, ont donné un sérum dont les résultats ont été extrêmement favorables, au double point de vue préventif et curatif.

De nombreux travaux sur la sérothérapie antigangréneuse ont été publiés en France, notamment par Weinberg, et à l'étranger.

J'ai cru devoir refaire de nouvelles expériences en vue de vérifier les notions premières sur lesquelles est fondée la sérothérapie antigangréneuse.

La gangrène gazeuse est, dans environ 80 pour 100 des cas, un syndrome infectieux polymicrobien déterminé par les anaérobies ci-dessus, auxquels il faut joindre le *Bacillus fallax*. Ces anaérobies s'associent deux à deux, trois à trois, très souvent combinés, d'ailleurs, avec divers microbes anaérobies ou aérobies non gangréneux. Le streptocoque est le plus dangereux et le plus fréquent parmi ces derniers. Le *Bacillus Coli* n'est pas exceptionnel.

De ce qui précède, il résulte cette première conclusion que le sérum antigangréneux doit être multivalent, c'est-à-dire actif simultanément contre chacun des anaérobies de la gangrène.

Le second problème fondamental est le suivant. Convient-il de réaliser un sérum qui soit uniquement antitoxique, c'est-à-dire neutralisant les toxines sécrétées par les microbes de la gangrène, ou bien est-il préférable de préparer un sérum mixte, à la fois antimicrobien et antitoxique? *A priori*, la réponse n'est pas douteuse, puisque la sérothéraphie mixte permet de combattre, à la fois, le microbe et ses toxines, en un mot la cause et l'effet du processus gangréneux.

Adoptée autrefois, la sérothérapie antitoxique des gangrènes gazeuses vise exclusivement la neutralisation des toxines sécrétées par les germes de la gangrène. Or ces germes sont répandus en quantités souvent colossales, dans toutes les régions, souvent très vastes, qui sont infectées : on peut les retrouver partout. La sérothérapie antitoxique néglige complètement ces agents de l'infection. Elle est certainement insuffisante dans les gangrènes polymicrobiennes à pronostic fatal, si fréquentes en temps de guerre.

Le caractère toxique du *B. œdematiens* est bien connu, mais celui des autres facteurs gangréneux est beaucoup moindre, et les infections à *B. œdemaciens* sont, aussi, beaucoup moins souvent observées que celles du *B. perfringens*, notamment. D'autre part, on a voulu tenir compte

de la possibilité du titrage des sérums antitoxiques, moins difficile que celui des sérums mixtes. Mais ce titrage soulève lui-même de sérieuses objections ([2]).

C'est pourquoi j'ai adopté le principe de la sérothérapie antigangréneuse multivalente, à la fois antimicrobienne et antitoxique, qui s'adresse à tous les agents de la gangrène gazeuse. Son efficacité s'est vérifiée non seulement expérimentalement chez le cobaye, mais encore et surtout dans ses applications répétées, au cours de la guerre de 1914, chez les blessés atteints des formes les plus sévères et considérées comme fatales, de la gangrène gazeuse ([3]). Dans ces dernières, la proportion des guérisons, chez les malades à pronostic mortel, a atteint 90,13 pour 100; ces guérisons ont été très rapides. Le pouvoir préventif du même sérum a été également très efficace (Clavelin).

Si l'on veut vérifier chez l'animal la valeur d'un sérum antigangréneux, on doit faire état du principe général que j'ai énoncé au début de cette Note, à savoir que la gangrène gazeuse est un complexe morbide polymicrobien, à la fois infectieux et toxique, commandé par des bactéries qui exigent, le plus souvent, pour envahir les tissus vivants, que ces tissus soient dilacérés, écrasés, infiltrés de sang et de suc musculaire, en un mot qu'ils soient comparables à la matière organique morte aux dépens de laquelle ils vivent habituellement dans le milieu extérieur.

Dans ces conditions, ils deviennent capables de se répandre avec une

---

([2]) Ce mode de contrôle ne vise, en effet, que l'appréciation de leur pouvoir antitoxique, non de leur pouvoir anti-infectieux qui est, dans la gangrène, plus important encore. Il a, d'ailleurs, donné lieu, à la *Société des Nations*, à des critiques ou à des divergences d'opinion, quant à son application (Weinberg, Sordelli, S. E. Stewart et J. M. Clampit).

C'est, en effet, et avant tout, le pouvoir curatif d'un sérum qui importe. A mon avis, le titrage du sérum antitoxique actif contre un ou deux des agents de la gangrène gazeuse *ne donne pas la mesure complète de son pouvoir curatif ni même préventif contre les infections* proprement dites dues à ces microbes.

Il ne faut pas oublier que la gangrène gazeuse est une toxi-infection, d'ordinaire polymicrobienne, qui sollicite une thérapeutique spécifique également polyvalente, visant en outre et, à la fois, ces microbes et leurs poisons.

([3]) H. Vincent, *C. R. de la Société de Biologie*, 65, 1908, p. 624; Supplément à l'Exposé des *Titres scientifiques*, Paris, 1922, p. 7; H. Vincent et G. Stodel, *Comptes rendus*, 167, 1918, p. 137, 245, 305; 168, 1919, p. 188; H. Vincent, *Société de Chirurgie*, 44, 1918, p. 1317 (exposé du principe de la sérothéraphie antigangréneuse; cas de guérison inespérée).

extrême rapidité dans les tissus privés de vitalité et non défendus par les leucocytes. Dans ce stade infectieux, ils sécrètent, outre leurs toxines, des ferments protéolytiques qui, de proche en proche, digèrent les tissus sains de voisinage. C'est pourquoi on trouve le *B. perfringens* dans le sang, pendant la vie, 9 fois sur 10 blessés gravement infectés et, après la mort, dans le sang, le foie et la rate ([4]).

En conséquence, le contrôle expérimental de l'activité du sérum antigangréneux doit reproduire rigoureusement les conditions de l'infection chez l'homme (et chez les animaux) : inoculation dans les muscles préalablement écrasés du cobaye anesthésié au chloroforme. L'injection de l'antigène aux témoins détermine l'apparition à peu près constante de la gangrène gazeuse ([5]) et la mort fréquente. La comparaison avec les résultats observés chez les animaux préservés par le sérum permet ainsi d'apprécier avec exactitude l'activité de celui-ci.

Dans une série d'expériences ([6]), on a constaté qu'une dose mortelle de $0^{cm^3},25$ de culture de *B. perfringens* virulent, inoculée à 11 cobayes témoins, a déterminé 10 morts et une survie.

La même dose de culture totale du *B. perfringens* a été mélangée à $0^{cm^3},05$, $0^{cm^3},02$ et $0^{cm^3},01$ de sérum antigangréneux mixte et multivalent; le mélange a été porté à 39° pendant une heure, puis inoculé, aux doses respectives susindiquées d'antigène et de sérum, à 22 cobayes dont les muscles fémoraux avaient été soumis à l'écrasement.

Ces inoculations ont donné 19 survies, soit 86,36 pour 100, et 3 morts, soit 13,63 pour 100 ([7]).

Une autre série d'expériences a été faite à la même date et, comparativement, avec un sérum *antitoxique*, d'une part et, d'autre part, avec un sérum mixte, antimicrobien et antitoxique. Le microbe gangréneux d'épreuve a été le *Bacillus perfringens* (mélange de six races).

1° Les cobayes témoins, au nombre de 23, ont présenté 23 cas de gangrène gazeuse (100 pour 100) avec 19 morts (82,60 pour 100) et 4 survies (17,39 pour 100).

2° 27 cobayes ont reçu un mélange du même antigène et de sérum antiperfringens *antitoxique*.

([4]) L'infection gangréneuse n'est, sans doute, pas comparable à celle de la septicémie charbonneuse, par exemple, qui, à ce point de vue, a bien peu d'équivalents. Mais, à coup sûr, elle diffère complètement de la diphtérie et du tétanos qui sont deux toxémies à foyer infectieux strictement localisé et strictement réduit, et qui requièrent, dès lors, une sérothérapie antitoxique.

([5]) H. Vincent et G. Stodel, *loc. cit.*

([6]) Ces expériences et les suivantes ont été effectuées en 1924.

([7]) Chez certains cobayes, la dose minima de sérum antimicrobien et antitoxique ($0^{cm^3},01$) s'est montrée plus efficace que la dose de $0^{cm^3},05$.

Ces animaux, préparés comme il a été dit, ont donné 19 cas de gangrène gazeuse, soit une proportion de 70,37 pour 100 inoculés, dont 4, c'est-à-dire 14,81 pour 100 ont été suivis de mort.

La proportion des survies a été de 85,18 pour 100.

3° 28 cobayes ont été inoculés avec le mélange du même antigène avec le sérum mixte, *antimicrobien et antitoxique;* 9 d'entre eux ont offert une forme moyenne ou légère (tumeur simple) de gangrène. Il y a eu une mort tardive, au 19e jour (3,57 pour 100). Le nombre des survivants a été de 27 (96,42 pour 100).

Ces expériences démontrent la supériorité très marquée du sérum mixte, antimicrobien et antitoxique. Son emploi comporte une proportion beaucoup plus réduite des cas de gangrène, une bénignité considérablement plus grande et une mortalité quatre fois moindre, dans des conditions sévères d'infection expérimentale.

D'autres expériences ont fourni des résultats analogues : ces derniers sont entièrement en accord avec les succès obtenus, par l'emploi de cette méthode, chez l'homme.

M. **Emile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie du dernier fascicule (fasc. V) du Tome II de mon *Traité du Calcul des Probabilités et de ses applications*. Ce fascicule, consacré à la *Mécanique statistique quantique*, est dû à M. Francis Perrin, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris, qui avait bien voulu le rédiger d'après mon cours.

Cet ouvrage expose le développement de la mécanique statistique en relation avec celui de la mécanique quantique.

La première partie est un résumé de la mécanique aléatoire classique, montrant la nécessité générale, dans cette théorie, de l'équipartition de l'énergie cinétique, conséquence directe du principe ergodique. La preuve expérimentale de la fausseté, dans certains cas, de ce théorème d'équipartition est, comme on sait, à l'origine des quanta.

La seconde partie est relative à la transformation de la mécanique statistique par l'idée de quanta, qui ramène les évaluations de probabilité à des dénombrements d'états distincts.

Enfin, la troisième partie expose l'évolution autonome de la statistique quantique fondée sur ces dénombrements d'états après l'abandon de la notion d'individualité des particules de même espèce, abandon nécessaire pour édifier une théorie corpusculaire de la lumière. L'exposé de la

thermodynamique statistique, et notamment des raisonnements relatifs aux équilibres chimiques et au principe de Nernst, se trouve très simplifié par l'abandon complet de toute discernabilité des particules. Le dernier chapitre expose comment cet abandon, ainsi suggéré par la mécanique statistique, a pu être exprimé en mécanique ondulatoire par un postulat simple relatif au caractère de symétrie des fonctions d'onde, et indique la vérification éclatante de ce postulat par la découverte de l'ortho et du parahydrogène.

Avec ce fascicule, le *Traité du Calcul des Probabilités et de ses applications* est maintenant terminé.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section d'Astronomie en remplacement de M. *Aymar de La Baume Pluvinel* décédé.

Le nombre de votants étant 55, puis 56, le scrutin donne les résultats suivants :

	Nombre de suffrages.	
	1er tour.	2e tour.
M. Bernard Lyot	23	30
M. Jules Baillaud	22	24
M. Armand Lambert	4	2
Bulletins blancs	1	
» nuls	5	

M. **Bernard Lyot**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats au poste de Chimiste en chef à l'Administration des *Monnaies et Médailles*, pour la première ligne M. *François Raoult* réunit l'unanimité de 44 suffrages.

Pour la seconde ligne M. *Pierre Fauconnier* réunit l'unanimité de 36 suffrages.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne............ M. **François Raoult.**
En seconde ligne............ M. **Pierre Fauconnier.**

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des Commissions de prix de 1939 est clos en la séance du 6 mars.

53 cahiers de vote ont été déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

I. Mathématiques : *Prix Francœur.* — MM. É. Picard, L. Lecornu, J. Hadamard, É. Borel, H. Lebesgue, É. Cartan, H. Villat, G. Julia, P. Montel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. J. Drach, É. Jouguet.

II. Mécanique : *Prix Montyon, Poncelet, Boileau.* — MM. É. Picard, L. Lecornu, É. Borel, J. Drach, É. Jouguet, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. J. Hadamard, P. Montel.

III. Astronomie : *Prix Lalande, Valz, G. de Pontécoulant.* — MM. É. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, E. Esclangon, C. Maurain, G. Fayet, J. Chazy, B. Lyot.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. E. Fichot, C. Fabry.

IV. Géographie : *Prix Gay, fondation Tchihatchef, prix Binoux, Alexandre Givry.* — MM. A. Lacroix, R. Bourgeois, E. Fichot, G. Perrier, C. Maurain, L. Lapicque, J. Tilho, G. Durand-Viel, E.-G. Barrillon.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. Molliard, A. Chevalier.

V. Navigation : *Prix Plumey.* — MM. É. Picard, L. Lecornu, R. Bourgeois, M. Laubeuf, É. Borel, E. Fichot, G. Perrier, J. Drach,

É. Jouguet, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, A. Caquot, G. Durand-Viel, E.-G. Barrillon.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Fabry, P. Langevin.

VI. Physique : *Prix Gaston Planté, François Hébert, Henri de Parville, Hughes, Pierson-Perrin, Paul Marguerite de La Charlonie, fondations Clément Félix, Pierre Lafitte, général Ferrié.* — MM. É. Picard, É. Branly, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, C. Fabry, A. de Gramont, P. Langevin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. A. Lacroix, L. de Broglie.

VII. Chimie : *Prix Montyon des arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Houzeau, fondation Charles-Adam Girard.* — MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Bertrand, A. Desgrez, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, P. Lebeau, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Fabry, M. Javillier.

VIII. Minéralogie et Géologie : *Prix Cuvier, Delesse, Victor Raulin, Joseph Labbé, André-C. Bonnet.* — MM. A. Lacroix, C. Barrois, P. Sabatier, A. Cotton, L. Cayeux, C. Jacob, C. Mauguin, F. Grandjean. E. de Margerie.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. J. Perrin, J. Tilho.

IX. Botanique : *Prix Desmazières, Montagne, Jean Thore, de Coincy, Jean de Rufz de Lavison.* — MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond, A. Chevalier, H. Colin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. A. Gosset, C. Pérez.

X. Économie rurale : *Prix Nicolas Zvorikine.* — MM. P. Marchal, E. Leclainche, G. Bertrand, L. Blaringhem, L. Lapicque, R. Fosse, É. Schribaux, G. Moussu, M. Javillier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. Molliard, C. Pérez.

XI. Anatomie et Zoologie : *Prix Da Gama Machado, fondation Savigny.* — MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, A. Lacroix, P. Marchal, H. Vincent, M. Caullery, C. Pérez, É. Roubaud, P. Wintrebert.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. L. Cuénot, A. Guilliermond.

XII. Anthropologie : *Prix André-C. Bonnet.* — MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Blaringhem, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, C. Pérez.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Achard, P. Wintrebert.

XIII. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, Chaussier, Mège, Bellion, Larrey, Argut, fonds Charles Bouchard, prix Jean Dagnan-Bouveret.* — MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, E. Leclainche, H. Vincent, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, C. Pérez, P. Portier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. Javillier, E. Sergent.

XIV. Cancer et tuberculose : *Fondation Roy-Vaucouloux, prix Louise Darracq, Eugène et Amélie Dupuis, fondation Henriette Regnier.* — MM. H. Vincent, M. Caullery, C. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, E. Sergent.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. E. Leclainche, P. Wintrebert.

XV. Physiologie : *Prix Montyon, Pourat, Philipeaux, Fanny Emden.* — MM. A. d'Arsonval, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, L. Lapicque, C. Pérez, P. Portier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. A. Guilliermond, P. Wintrebert.

XVI. Statistique : *Prix Montyon.* — MM. É. Picard, L. Lecornu, É. Borel, H. Lebesgue, E. Fichot, J. Drach, C. Maurain.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. L. Blaringhem, É. Cartan.

XVII. Histoire et philosophie des sciences : *Prix Binoux.* — MM. É. Picard, L. Bouvier, É. Borel, M. Caullery, H. Villat, L. de Broglie, C. Pérez.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. G. Bertrand, M. Javillier.

XVIII. Ouvrages de sciences : *Prix Henri de Parville.* — MM. A. Béhal, G. Perrier; É. Picard, A. Lacroix, et trois membres élus : MM. É. Borel, M. Caullery, M. de Broglie.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Fabry, P.-A. Dangeard, L. Martin.

XIX. *Médailles Arago, Lavoisier, Berthelot, Henri Poincaré.* — MM. A. Béhal, G. Perrier; É. Picard, A. Lacroix.

XX. *Prix Gustave Roux, Thorlet, fondations Trémont, Gegner, Hirn, Henri Becquerel, Mme Victor Noury, Charles Frémont, Giffard, Lannelongue, Gibou, Alexandre Darracq, Girbal-Baral, Leroy-Drouault, Octave Mirbeau.* — MM. A. Béhal, G. Perrier; É. Picard, A. Lacroix; R. Bourgeois, L. Bouvier.

XXI. *Prix fondé par l'État* (Grand prix des Sciences physiques). — MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, C. Barrois, P.-A. Dangeard, M. Caullery, L. Blaringhem, C. Pérez.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. R. Fosse, A. Guilliermond.

XXII. *Prix Bordin* (Sciences mathématiques). — MM. É. Picard, L. Lecornu, J. Hadamard, É. Borel, H. Lebesgue, É. Cartan, H. Villat.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages: MM. J. Drach, P. Montel.

XXIII. *Prix Lallemand.* — MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, P. Marchal, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, A. Gosset.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Pérez, P. Wintrebert.

XXIV. *Prix Maujean.* — MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, C. Pérez, É. Roubaud, P. Wintrebert.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. P.-A. Dangeard, E. Sergent.

XXV. *Prix Petit d'Ormoy* (Sciences mathématiques pures ou appliquées). — MM. É. Picard, L. Lecornu, J. Hadamard, É. Borel, H. Lebesgue, E. Fichot, E. Cartan.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. J. Drach, P. Montel.

XXVI. *Prix Petit d'Ormoy* (Sciences naturelles). — MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, M. Molliard, M. Caullery, L. Lapicque, C. Pérez.

On obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. P. Marchal, P. Wintrebert.

XXVII. *Prix Le Conte.* — MM. A. Béhal, G. Perrier; É. Picard, A. Lacroix, et sept membres qui seront élus ultérieurement.

XXVIII. *Prix Jean-Jacques Berger.* — MM. É. Picard, A. d'Arsonval, A. Lacroix, J.-L. Breton, M. Caullery, C. Maurain, C. Pérez.

Ont obtenu ensuite le plus suffrages : MM. H. Vincent, E. Sergent.

XXIX. *Prix Parkin.* — MM. A. Lacroix, H. Vincent, L. Cayeux, C. Achard, C. Maurain, C. Jacob, E. de Margerie.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. A. Gosset, P. Portier.

XXX. *Prix Saintour* (Sciences mathématiques). — MM. É. Picard, É. Borel, H. Lebesgue, A. Cotton, C. Fabry, C. Maurain, É. Cartan.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. H. Villat, L. de Broglie.

XXXI. *Prix Lonchampt.* — MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Leclainche, G. Bertrand, M. Delépine, G. Moussu, M. Javillier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. P.-A. Dangeard, M. Caullery.

XXXII. *Prix Henry Wilde.* — MM. É. Picard, H. Deslandres, A. Lacroix, É. Borel, G. Bertrand, J. Perrin, E. Esclangon.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Fabry, C. Jacob.

XXXIII. *Prix Charles Dupin.* — MM. É. Picard, É. Borel, H. Lebesgue, E. Fichot, É. Jouguet, É. Cartan, H. Villat.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. G. Durand-Viel, P. Montel.

XXXIV. *Prix Marquet* (Sciences physiques). — MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Caullery, R. Fosse, C. Jacob, C. Pérez.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. L.-E. Bouvier, M. Molliard.

XXXV. *Prix Général Muteau* (Sciences physiques). — MM. A. Lacroix, R. Bourgeois, H. Vincent, C. Fabry, M. Delépine, A. Caquot, G. Durand-Viel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. É. Picard, G. Bertrand.

XXXVI. *Prix Alexandre Darracq.* — MM. É. Picard, G. Claude, M. Delépine, É. Jouguet, A. Caquot, G. Durand-Viel, R. Esnault-Pelterie,

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. H. Villat, E.-G. Barrillon.

XXXVII. *Fondation Aimé Berthé* (Sciences mathématiques). — MM. É. Picard, É. Borel, A. Cotton, C. Fabry, C. Maurain, H. Villat, P. Montel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. É. Cartan, L. de Broglie.

XXXVIII. *Fondation Le Chatelier.* — MM. É. Picard, A. Lacroix; G. Charpy, L. Lumière, M. Laubeuf, G. Claude, L. Guillet, R. Esnault-Pelterie.

XXXIX. *Fondation Millet-Ronssin.* — MM. A. Lacroix; L. Cayeux, C. Jacob; P.-A. Dangeard, A. Guilliermond; P. Marchal, C. Pérez.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Barrois; M. Molliard; L.-E. Bouvier.

XL. Recherches scientifiques : *Fondations Villemot, Carrière.* — MM. A. Béhal, G. Perrier; É. Picard, A. Lacroix, et douze membres qui seront élus ultérieurement.

XLI. *Prix Hélène Helbronner-Fould.* — MM. A. Béhal, G. Perrier; É. Picard, A. Lacroix; J.-L. Breton, M. de Broglie, A. Desgrez, A. de Gramont, L. Martin, C. Gutton, N..., N..., N..., N....

CORRESPONDANCE.

M. le **Recteur de l'Université de Grenoble** invite l'Académie à se faire représenter aux cérémonies qui se dérouleront du 13 au 15 mai 1939 pour célébrer le *Sixième centenaire* de la fondation de cette Université.

Le **Comité d'Organisation du Septième Congrès international de Génétique** invite l'Académie à se faire représenter à cette réunion, qui se tiendra à Edimbourg du 23 au 30 août 1939.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Charles Cabanes. *L'état de l'industrie du papier en France à la veille de la Révolution (d'après un manuscrit inédit d'Étienne de Mongolfier).*

GÉOMÉTRIE. — *Remarques sur la génération des parallélépipèdes à n dimensions.* Note [1] de M. **Carl Benedicks**.

1. Nous avons décrit un diagramme permettant la représentation graphique des compositions multaires, comme celles des alliages [2]. Ce diagramme, mettant à profit des extensions dans plusieurs (jusqu'à 9) directions (ou axes) différentes, pourra être considéré comme ayant le même nombre de *dimensions*, tandis que nous sommes accoutumés de dire que le plan *n'a que deux dimensions*. Cette contradiction apparente a donné lieu aux considérations suivantes.

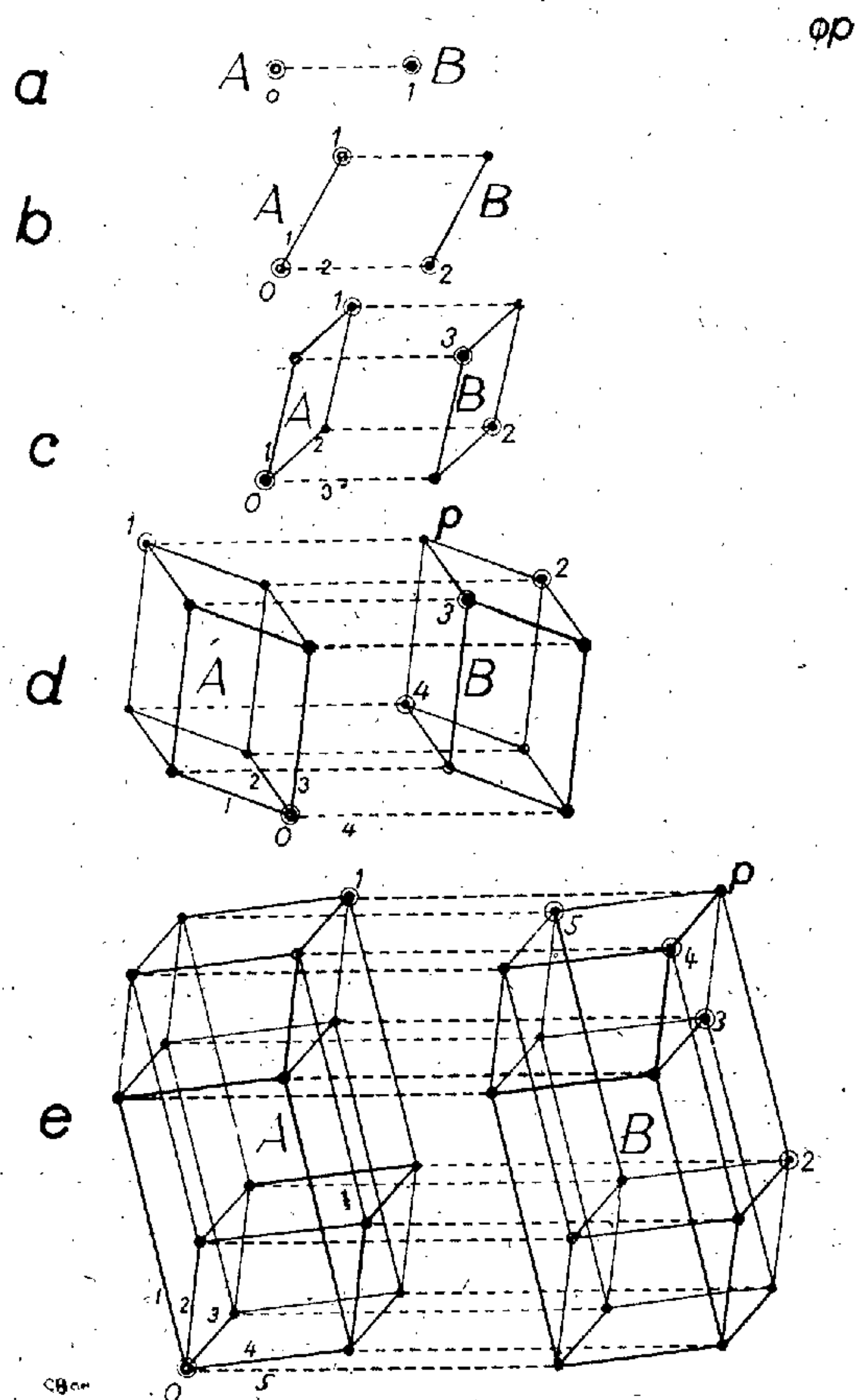
---

(1) Séance du 23 janvier 1939.

(2) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1398.

2. Acceptons préalablement la définition géométrique élémentaire suivante, qui est en accord avec l'usage ordinaire et technique : *dimension signifie une extension dans une direction déterminée*. Ainsi *nombre de dimensions* est équivalent à *nombre de coordonnées* d'un point.

Par conséquent, rien n'empêche d'employer dans un plan un nombre n de dimensions aussi grand qu'on le juge désirable. Introduisons donc



dans un plan donné un nombre $n > 2$ d'axes de coordonnées fixes; soit marqué dans le plan un point fixe p (différent de l'origine). On demande d'indiquer une suite des n coordonnées de p.

Évidemment, ceci est *impossible sans des informations supplémentaires*, telles que l'indication préalable d'une *suite des n coordonnées* du point (ou

du moins de $n-2$ coordonnées). Une telle suite étant donnée, rien n'empêche d'indiquer les autres (le nombre total est $n!$).

Si, au contraire, nous n'avons introduit dans le plan que $n=2$ axes, il est évident qu'on peut indiquer les (2) coordonnées du point *sans information supplémentaire*. On pourra donc dire que ces $n=2$ axes du plan ont une *validité absolue*, sans réserve, tandis que des axes en surplus demandent des informations spéciales. C'est bien ceci qu'on entend en disant que le plan *a* deux dimensions. Il paraît recommandable de faire la distinction entre (disons) *dimensions absolues*, dont le plan *a* deux, et *dimensions conditionnelles*, dont le nombre est arbitraire.

De même, on pourra dire que *l'espace a trois dimensions absolues*, mais on pourra y introduire autant de dimensions que l'on juge à propos, à condition de donner des informations spéciales.

3. En traçant dans un continu, où l'on a introduit n axes de coordonnées obliques indépendants, toutes les $n!$ suites de coordonnées d'un point p, on y limite un *parallélépipède à n dimensions* P_n. Ainsi, 4 axes ayant été introduits (voir *fig. d*), et un point p ayant été défini au moyen d'*une* suite de 4 coordonnées : en traçant toutes les autres suites de coordonnées, au nombre total de $4!=24$, on y limite un parallélépipède à 4 dimensions P_4.

4. Il est plus commode cependant de *générer un* P_n *en augmentant par* 1 *le nombre de dimensions d'un* P_{n-1}, que nous désignerons comme *objet* A :

L'objet A se trouve dans une position fixe donnée. *Un objet* B, *identique à* A, *subit une translation parallèle* de la position A, par une certaine longueur mesurée *le long d'un axe* (différent des $n-1$ axes antérieurs) *jusqu'à une nouvelle position. On relie chaque point angulaire de* A *au point correspondant de* B. *Le résultat est un* P_n.

5. En appliquant ce procédé successivement à des $n-1$ croissants, de o jusqu'à $n-1=4$, on obtient les P_n tracés dans les figures *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, où *d* représente un P_4, *e* un P_5. A titre d'exemple, considérons la figure *d*. L'objet A y indiqué est un parallélépipède ordinaire P_3 (obtenu par ce procédé de translation, comme l'indique AB, *fig. c*). L'objet identique B a subi une translation (le long d'un axe 4) de la position A à la position indiquée. Les huit points angulaires de A ayant été reliés aux points correspondants de B, le résultat, AB, est un P_4.

Ce P_4, dans la figure *e*, forme l'objet A; la translation parallèle de l'objet identique B a été faite le long d'un axe 5.

6. Cette méthode (4) paraît peu connue. Ainsi un géomètre dis-

tingué (³) décrit la génération d'un P_3 sensiblement de la manière suivante : un P_2 (un carré unité) subit une translation (de longueur 1) le long d'un axe (perpendiculaire au P_2); on affirme que le P_2 engendre alors un P_3 (un cube). Mais, comment le P_2, qui joue ici le rôle de notre objet B, pourrait-il alors continuer à marquer la position initiale? A moins de prêter à l'espace une mémoire, un *objet A est indispensable.*

Ce manque de précision conduit à des obscurités lorsqu'il s'agit de la génération d'un P_4, tandis que la méthode employée ici donne facilement des polytopes P_4, P_5, P_6 rectangulaires.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'approximation des fonctions satisfaisant à une équation linéaire aux dérivées partielles.* Note de M. **Stefan Bergmann**, présentée par M. Paul Montel.

Chaque fonction $H(z, \bar{z})$ satisfaisant à l'équation

$$\Delta H \equiv 4 H_{z\bar{z}} = 0$$

$$\left[z = x + iy,\ \bar{z} = x - iy,\ H_z = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial H}{\partial x} - i\frac{\partial H}{\partial y}\right),\ H_{\bar{z}} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial H}{\partial x} + i\frac{\partial H}{\partial y}\right)\right]$$

dans un domaine simplement connexe, peut être approchée par des polynomes harmoniques. Nous indiquerons ici une généralisation de ce théorème avec quelques applications.

I. Nous désignons dans la suite par $U(z, \bar{z})$ une fonction vérifiant dans un domaine $\mathcal{F}^2$, dont la courbe frontière est

$$\mathfrak{f}^1 = \mathsf{E}[R = R(\varphi)] \quad (^1), \qquad Re^{i\varphi} = x + iy,$$

$R''(\varphi)$ continu, l'équation

$$L(U) \equiv U_{z\bar{z}} + \mathbf{Re}[A(z, \bar{z})U_z] + C(z, \bar{z})U = 0, \qquad \mathbf{Re}\ldots = \text{partie réelle de}\ldots;$$

A, C étant des fonctions régulières de $z, \bar{z}$ dans un domaine suffisamment grand, C étant réel.

Comme on sait, pour chaque équation L, il existe une fonction généra-

(³) H. de Vries, *Die vierte Dimension*, Leipzig und Berlin, 1926, p. 71.

(¹) $\mathsf{E}[\ldots]$ désigne l'ensemble des points satisfaisant à la propriété exprimée dans les crochets.

trice de la première espèce $E(z, \bar{z}, t)$, telle que

$$\mathbf{P}[f(p)] = \mathbf{Re}\left[\int_{-1}^{+1} E(z, \bar{z}, t) f(p) (1-t^2)^{-\frac{1}{2}} dt\right]$$

soit une solution particulière de L et telle que chaque solution de L puisse être représentée sous cette forme où $f(p)$ est une fonction arbitraire d'une variable complexe $p = \frac{1}{2} z (1-t^2)$ régulière dans $\mathfrak{F}^2$ (²). Les fonctions

$$w_{2n-1}(z, \bar{z}) = \mathbf{P}(p^n) \quad \text{et} \quad w_{2n}(z, \bar{z}) = \mathbf{P}(ip^n), \quad n = 1, 2, \ldots$$

forment un système des solutions particulières de L.

THÉORÈME 1. — *Soit* $U(z, \bar{z})$ *une fonction régulière dans* $\overline{\mathfrak{F}}^2 = \mathfrak{F}^2 + \mathfrak{f}^1$. *Pour chaque* ε *il existe un* $W_n = \sum_{\nu=1}^{n} a_\nu^{(n)} w_\nu$ *tel qu'on ait* $|U - W_n| \leqq \varepsilon$, $\{z\} \subset \overline{\mathfrak{F}}^2$.

THÉORÈME 2. — *Soit* $\mathfrak{F}^2$ *un domaine envisagé plus haut et tel que chaque solution de* L *s'annulant sur* $\mathfrak{f}^1$, *soit identiquement nulle. Soit* U *une solution de* L, *prenant sur* $\mathfrak{f}^1$ *les valeurs* $\Phi(s)$, $\Phi''(s)$ *étant continue, s désignant la longueur de l'arc sur* $\mathfrak{f}^1$. *Pour chaque* ε *il existe un* W_n *tel que* $|U - W_n| \leqq \varepsilon$, $\{z\} \subset \overline{\mathfrak{F}}^2$.

THÉORÈME 3. — *Supposons que* U *satisfasse aux hypothèses du théorème* 2. *Pour chaque* n, $n = 1, 2, \ldots$, *déterminons les* $a_\nu^{(n)}$ *de telle manière que* $\max_{\{z\} \subset \mathfrak{f}^1} |U - W_n|$ *soit minimum; on a*

$$U = \lim_{n \to \infty} W_n, \qquad \{z\} \subset \overline{\mathfrak{F}}^2.$$

II. Considérons le cas des équations $L(S) + \lambda E(z, \bar{z}) S = 0$, où $E(z, \bar{z})$ est une fonction positive et régulière dans un domaine assez grand. Examinons le problème de trouver les valeurs caractéristiques $\lambda = \lambda_m$, $m = 1, 2, \ldots$ et les fonctions fondamentales correspondantes $S_m(z, \bar{z})$, $S_m \not\equiv 0$, s'annulant sur $\mathfrak{f}^1$. Les $w_n = w_n(z, \bar{z}, \lambda)$ dépendent maintenant de λ.

THÉORÈME 4. — *Si nous déterminons les* $a_\nu^{(n)}$ *et* $\tau^{(n)}$ *de telle manière que*

$$\max_{\{z\} \subset \mathfrak{f}^1} |V_n|, \qquad V_n = \sum_{\nu=1}^{n} a_\nu^{(n)} w_\nu(z, \bar{z}, \tau^{(n)}),$$

sous la condition

$$\mathbf{N}(V_n) \equiv \iint_{\mathfrak{F}^2} E(z, \bar{z}) V_n^2(z, \bar{z})\, dx\, dy = 1,$$

(²) Voir *Recueil Mathématique*, 2 (44), 1937, p. 1169-1198.

soit minimum, et si nous choisissons les $\tau^{(n)}$ *d'un intervalle contenant une valeur unique caractéristique* λ_m, *nous avons* $\lim\limits_{n\to\infty}\tau^{(n)}=\lambda_m$.

Pour démontrer ce théorème, on considère la grandeur

$$M(\rho)=\lim_{n\to\infty}M_n(\rho),$$

$M_n(\rho)$ étant le minimum de $\max\limits_{\{z\}\subset\Gamma^1}|V_n|$ sous la condition $\mathbf{N}(V_n)=1$, mais avec $\tau^{(n)}=\rho$ *fixe*. $M(\rho)$ possède la propriété suivante : Pour les valeurs ρ différentes des valeurs caractéristiques λ_m, $m=1, 2, \ldots$, nous avons $M(\rho)>0$ tandis que $\lim\limits_{\rho\to\lambda_m}M(\rho)=0$.

THÉORÈME 5. — *Sous les hypothèses du théorème* 4, *si* $A(z,\bar{z})\equiv 0$ *et si à* λ_m *correspond seulement une fonction fondamentale* S_m, $\mathbf{N}(S_m)=1$, *nous avons*

$$\lim_{n\to\infty}\sum_{\nu=1}^{n}a_\nu^{(n)}w_\nu(z,\bar{z},\tau^{(n)})=S_m(z,\bar{z}),\qquad \{z\}\subset\overline{\mathcal{F}}^2.$$

Remarquons que, sous des hypothèses supplémentaires, nous pouvons remplacer respectivement

$$\max_{\{z\}\subset\Gamma^1}|U-W_n|\qquad\text{et}\qquad\max_{\{z\}\subset\Gamma^1}|V_n|$$

par

$$\int_{\Gamma^1}|U-W_n|^2\,ds\qquad\text{et}\qquad\int_{\Gamma^1}|V_n|^2\,ds\quad(^3).$$

Une méthode analogue peut être appliquée dans le problème de Cauchy pour le cas des équations de type hyperbolique.

CALCUL DES VARIATIONS. — *Sur une classification des extrémales.* Note de M. FRÉDÉRIC ROGER, présentée par M. Émile Borel.

En un point stationnaire d'une fonction réelle de plusieurs variables où la différentielle seconde est une forme quadratique non dégénérée, les variétés régulières sur lesquelles la fonction présente un minimum ont une dimension qui ne peut dépasser le nombre de carrés positifs dans la décomposition en carrés de la différentielle seconde. Semblablement, et c'est le but de cette Note, *étant donné un* arc d'extrémale *pouvant ne satis-*

(3) Voir *Applied Mathematics and Mechanic*, 3, 1936, p. 97-107.

faire ni à la condition de Legendre, ni à celle de Jacobi, mais seulement à la condition de régularité, les familles de courbes variées dans lesquelles cet arc correspond à un minimum de l'intégrale sont caractérisées par deux invariants, *l'un en relation avec la forme quadratique de Legendre, l'autre avec les foyers de Jacobi.*

D'une manière précise, soit un problème de calcul des variations conduisant à une intégrale de la forme

$$I = \int_{x_1}^{x_2} f(x, y^1, y^2, \ldots, y^n, p^1, p^2, \ldots, p^n)\, dx$$

où la fonction donnée f porte sur les n fonctions indéterminées $y^i(x)$ (les $p^i(x)$ étant leurs dérivées) dont les valeurs aux limites $y^i(x_1)$, $y^i(x_2)$ sont assujetties à des conditions données. Relativement à ce problème, soit Γ un arc d'extrémale satisfaisant aux conditions de transversalité aux limites, d'équations $y^i = \overline{y}^i(x)$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$ où les fonctions $\overline{y}^i(x)$ admettent des dérivées premières continues $\overline{p}^i(x)$ et n'annulent pas le déterminant $f''_{p^i p^j}[x, \overline{y}(x), \overline{p}(x)]\,|$ entre les abscisses extrêmes $\overline{x}_1$ et $\overline{x}_2$. Au moyen de r relations différentielles $\varphi_\alpha(x, y^1, y^2, \ldots, y^n, p^1, p^2, \ldots, p^n) = 0$ (quand x varie de x_1 à x_2) $(\alpha = 1, 2, \ldots, r)$ et de c conditions numériques

$$\psi_\beta[a_1, \ldots, a_k, y^1(a_1), \ldots, y^1(a_k), \ldots, y^n(a_1), \ldots, y^n(a_k)] = 0$$

(pour des valeurs a_k comprises entre x_1 et x_2) $(\beta = 1, 2, \ldots, c)$, satisfaites en particulier pour les fonctions $\overline{y}^i(x)$ et régulières dans leur voisinage (¹), nous définissons, dans la famille de toutes les courbes variées admissibles, une sous-famille contenant Γ. De ces dernières, nous ne retenons que celles dans lesquelles Γ correspond à un minimum de l'intégrale I (²). Considérons alors parmi toutes les définitions possibles de ces familles, celles qui font intervenir le plus petit nombre r, puis, parmi ces dernières, le plus petit nombre c.

Définition. — *Nous désignerons par indice de Legendre et indice de Jacobi de l'extrémale* Γ *respectivement ce plus petit nombre de relations différentielles, puis de conditions numériques auxquelles il faut astreindre les courbes variées*

(¹) C'est-à-dire pour les premières, dont les équations aux variations à partir de Γ soient linéaires, et pour les secondes, dont les différentielles aux points intéressés de Γ soient du premier ordre.

(²) Ne serait-ce que la famille réduite à Γ, la seule dans le cas où I présente un maximum sur Γ.

voisines de Γ *pour que, dans la famille ainsi restreinte, l'intégrale* I *acquiert sur* Γ *un minimum strict relatif faible* (3).

Dans la classification des extrémales qui en résulte, l'indice de Legendre doit être considéré comme *d'ordre plus élevé* que celui de Jacobi, tout comme dans la classification des nombres de deux chiffres, le chiffre des dizaines est d'ordre plus élevé que celui des unités.

Théorème I. — *L'indice de Legendre d'une extrémale* Γ *est égal au nombre de carrés négatifs dans la décomposition en carrés de la forme quadratique de Legendre (dont les coefficients sont les dérivées* $f''_{p^i p^j}[x, \bar{y}(x), \bar{p}(x)]$.

Théorème II. — *Quand l'une au moins des extrémités des courbes variées doit rester fixe, l'indice de Jacobi d'une extrémale* Γ *est au plus égal au nombre de foyers, situés sur* Γ, *du lieu de l'autre extrémité. En sorte que, dans le cas général, l'indice de Jacobi de* Γ *est au plus égal à ce nombre augmenté de* n.

Théorème III. — *Quand l'indice de Legendre d'une extrémale* Γ *est nul (auquel cas* Γ *vérifie la condition de Legendre), son indice de Jacobi coïncide avec l'indice défini par M. Marston Morse comme étant égal au nombre de racines caractéristiques négatives d'un problème convenablement associé à l'extrémale* Γ (4).

La démonstration de ces théorèmes repose sur la transformation, selon Legendre, Jacobi et Clebsch, de la variation seconde de l'intégrale I (5). Supposant fixes, pour simplifier, les extrémités des courbes variées (6)

$$\delta^2 I = \int_{\bar{x}_1}^{\bar{x}_2} \left[(\varpi^i - a_{ik}\eta^k)(\varpi^j - a_{jl}\eta^l) f''_{p^i p^j} + \frac{d}{dx}(b_{ij}\eta^i\eta^j) \right] dx$$

où $\eta^i(x) = \delta y^i$, $\varpi^i(x) = \delta p^i$, les fonctions $a_{ik}(x)$, $b_{ik}(x)$ étant définies au moyen d'un système de n solutions deux à deux associées $\eta^i_j(x)$ $(j = 1, 2, \ldots, n)$ des équations de Jacobi par les relations

$$\varpi^i_j - a_{ik}\eta^k_j = 0, \qquad (\varpi^l_j f''_{p^i p^l} + \eta^l_j f''_{p^i y^l}) - b_{ik}\eta^k_j = 0.$$

qui (pour $i = 1, 2, \ldots, n$) forment n systèmes de n équations linéaires

(3) C'est-à-dire relativement aux courbes de la famille suffisamment peu éloignées de l'extrémale Γ et peu inclinées sur elle.

(4) Cf. M. Morse, *The Calculus of Variations in the Large*, New-York, 1934, p. 37.

(5) Cf. J. Hadamard, *Leçons sur le calcul des variations*, Paris, 1910, p. 336.

(6) Étant sous-entendus les signes de sommation de 1 à n, grâce à la convention des indices répétés.

$(j=1, 2, \ldots, n)$. Pour résoudre ces systèmes, on suppose dans la théorie classique le déterminant $|\eta_j^k(x)|$ différent de zéro (d'où la condition de Jacobi). Mais en un point x_0 où il s'annule, c'est qu'existe une même relation linéaire à coefficients non tous nuls entre les éléments de ses lignes $\lambda_k \eta_j^k = 0 (j=1, 2, \ldots, n)$, en sorte que *que si l'on impose aux variations* η^k *cette même relation* $\lambda_k \eta^k = 0$, les formes linéaires $a_{ik}\eta^k$ et la forme quadratique $b_{ik}\eta^i\eta^k$ *restent finies* pour $x = x_0$. Sous ces conditions et des relations linéaires convenables entre les formes $\varpi^i - a_{ik}\eta^k$, on peut alors assurer à $\delta^2 I$ une valeur positive.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence des estimations.* Note de M. **Étienne Halphen**, présentée par M. Émile Borel.

On rencontre en statistique le problème suivant :

Une série de k épreuves ayant donné les résultats numériques $x_1, x_2, \ldots, x_k$, *on évalue un paramètre m par une équation de la forme*

$$\Phi_k(x_1, x_2, \ldots, x_k; m) = 0;$$

à quelle condition une racine de cette équation convergera-t-elle en probabilité vers une limite m_0 *lorsque k augmente indéfiniment ?*

M. Dugué a résolu la question moyennant une hypothèse sur la *forme* de Φ_k (séparation des variables x_i). Pour nous affranchir de ce genre d'hypothèses, nous regarderons Φ comme une fonctionnelle (de forme indépendante de k) de la *fonction aléatoire* $u_k(x)$ égale à zéro pour $x = -\infty$, et qui subit un saut de $+1/k$ lorsque x franchit chacun des x_i.

Dans la pratique, Φ ne possédera pas la continuité ordinaire en $u_k(x)$. En revanche, elle possédera un mode de continuité analogue à celle d'ordre 1, mais un peu plus générale, et que nous définirons ainsi :

Nous dirons qu'une suite de fonctions à variation bornée $f_n(x)$ converge (R, S) *vers la fonction à variation bornée* $f_0(x)$ *lorsque, quelle que soit la fonction* $\varphi(x)$ *intégrable* (R), *l'intégrale de Stieltjes* $\int_{-\infty}^{+\infty} \varphi \, df_n$ *tend vers* $\int_{-\infty}^{+\infty} \varphi \, df_0$.

Cette définition exprime notamment que la suite des dérivées $f'_n(x)$ est complètement intégrable.

A ce mode de convergence on associera comme d'ordinaire un mode de continuité (R, S) des fonctionnelles.

Cela posé, soit

$$\Phi[u_k(x); m] = 0$$

l'équation servant à estimer m. [Par exemple, Φ sera une fonctionnelle de la loi de probabilité $f(x, m)$ au paramètre inconnu m; mais il suffit de la regarder comme une fonction de m.]

On sait que, sous des conditions très larges, et $\varphi(x)$ étant intégrable (R), la valeur moyenne de $\varphi(x_i)$ converge en probabilité vers $E[\varphi(x)]$. Ce fait exprime que :

La fonction aléatoire $u_k(x)$ *converge* (R, S) *en probabilité vers la loi des probabilités totales* $F(x)$.

Si donc Φ est continue (R, S), $\Phi[u_k; m]$ converge en probabilité vers $\Phi[F; m]$.

Par une extension immédiate aux fonctionnelles du théorème sur les fonctions implicites, on en déduit que, sous les conditions visées précédemment :

L'estimation de m sera convergente si, au voisinage de la racine m_0 *supposée unique de* $\Phi[F(x); m] = 0$, *et dans un certain voisinage* (R, S) *de* $F(x)$:

1° $\Phi[G(x); m]$ *est continue* (R, S) *en* $G(x)$, *uniformément par rapport à* m;

2° $\partial\Phi/\partial m$ *existe, finie et différente de* 0 *pour* $G = F$, $m = m_0$, *et uniformément continue* (R, S) *en* G.

N. B. — L'*existence* de $\partial\Phi/\partial m$ en dehors de (F, m_0) est inutile si l'on sait que $\Phi[u_k; m] = 0$ est résoluble en m.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les séries entières lacunaires non prolongeables*. Note de M. **Georges Pólya**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \ldots$ *une suite d'entiers croissants* $(0 < \lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3 < \ldots)$. *Pour que chaque série, de rayon de convergence fini et positif, de la forme*

$$a_1 z^{\lambda_1} + a_2 z^{\lambda_2} + \ldots + a_n z^{\lambda_n} + \ldots \tag{1}$$

admette son cercle de convergence comme coupure, il faut *et il suffit que*

$$\lim_{n \to \infty} n\lambda_n^{-1} = 0. \tag{2}$$

Fabry, Faber et d'autres ont établi que la condition (2) est suffisante;

je démontrerai qu'elle est nécessaire en m'appuyant sur les résultats d'un Mémoire précédent [1].

LEMME. — *Si la suite d'entiers* $\lambda_1, \lambda_2, \ldots$ *ne satisfait pas à la condition* (2), *on en peut extraire une suite partielle* $\mu_1, \mu_2, \ldots$ *telle qu'en posant*

$$(3) \qquad \mathcal{G}(z) = \left(1 - \frac{z^2}{\mu_1^2}\right)\left(1 - \frac{z^2}{\mu_2^2}\right)\cdots\left(1 - \frac{z^2}{\mu_j^2}\right)\cdots,$$

on ait, pour n tendant vers l'infini par valeurs entières,

$$(4) \qquad \varlimsup_{n \to \infty}\left(n - \frac{1}{2}\right)^{-1}\log\left|\mathcal{G}\left(n - \frac{1}{2}\right)\right| < 0.$$

Nous choisissons un (petit) nombre positif δ et une suite d'entiers croissants $n_1, n_2, \ldots$ satisfaisant aux deux conditions suivantes :

I. L'intervalle entre $(n_k - 1/2)/\sqrt{2}$ et $n_k - 1/2$, que je désignerai par $\mathfrak{I}_k$, contient des λ_n en nombre supérieur à δn_k.

II. $n_{k-1}\sqrt{2} < n_k, \qquad \log\left[\left(\frac{n_k}{1}\right)^2 - 1\right]\left[\left(\frac{n_k}{2}\right)^2 - 1\right]\cdots\left[\left(\frac{n_k}{n_{k-1}}\right)^2 - 1\right] < \sqrt{n_k} - 1.$

Si la condition (2) n'est pas remplie, c'est-à-dire si la densité supérieure de la suite $\lambda_1, \lambda_2, \ldots$ est positive, on peut facilement satisfaire à la condition I (voir *L. S.*, p. 558). On satisfera à la condition II en extrayant d'une suite qui satisfait à I une suite partielle à termes suffisamment espacés. Les λ_n contenus dans les intervalles $\mathfrak{I}_1, \mathfrak{I}_2, \ldots, \mathfrak{I}_k, \ldots$, numérotés par ordre de grandeur, constituent la suite $\mu_1, \mu_2, \ldots$. On a

$$\left(n_k - \frac{1}{2}\right)^{-1}\log\left|\mathcal{G}\left(n_k - \frac{1}{2}\right)\right| = \sum_{j=1}^{\infty}\left(n_k - \frac{1}{2}\right)^{-1}\log\left|\left(\frac{n_k - \frac{1}{2}}{\mu_j}\right)^2 - 1\right|.$$

Nous décomposons cette somme en trois parties $\mathfrak{S}_1$, $\mathfrak{S}_2$ et $\mathfrak{S}_3$, en mettant le terme contenant μ_j en $\mathfrak{S}_1$, en $\mathfrak{S}_2$ ou en $\mathfrak{S}_3$, selon que le point μ_j se trouve à gauche de $\mathfrak{I}_k$, dans $\mathfrak{I}_k$ ou à droite de $\mathfrak{I}_k$. On a

$$\left(n_k - \frac{1}{2}\right)^{-1}\log\left|\mathcal{G}\left(n_k - \frac{1}{2}\right)\right| = \mathfrak{S}_1 + \mathfrak{S}_2 + \mathfrak{S}_3 < \left(n_k - \frac{1}{2}\right)^{-\frac{1}{2}} + \mathfrak{S}_2,$$

---

[1] *Mathem. Zeitschrift*, 29, 1929, p. 549-640; ce Mémoire sera désigné dans ce qui suit, par *L. S.* (*Lücken und Singularitäten*). Le théorème énoncé ici résout un problème posé par M. Borel (*Comptes rendus*, 137, 1903, p. 695) en donnant une condition nécessaire et suffisante pour qu'une classe de séries de Taylor soit singulière.

en vertu de la condition II et puisque, évidemment, $\mathcal{S}_3 < 0$. En étendant la somme qui suit aux entiers l compris entre les limites $(n_k - 1/2)/\sqrt{2}$ et $n_k\delta + (n_k - 1/2)/\sqrt{2}$, on a, en vertu de la condition I,

$$\mathcal{S}_2 < \sum \left(n_k - \frac{1}{2}\right)^{-1} \log\left[\left(\frac{n_k - \frac{1}{2}}{l}\right)^2 - 1\right] \sim \int_{\frac{1}{\sqrt{2}}}^{\delta + \frac{1}{\sqrt{2}}} \log\left(\frac{1}{t^2} - 1\right) dt < 0,$$

ce qui démontre (4). Le lemme démontré, définissons $\mathcal{F}(z)$ par l'égalité

$$\mathcal{F}(z)\,\mathcal{G}(z) = \sin \pi z. \tag{5}$$

$\mathcal{F}(z)$ est une fonction entière, du type exponentiel (*L. S.*, p. 578). Il résulte de (3), (4), (5) que

$$|\mathcal{F}(z)| < -i \sin i\pi |z|, \qquad \overline{\lim_{r \to +\infty}}\, r^{-1} \log |\mathcal{F}(r)| > 0.$$

La première de ces inégalités montre que le diagramme indicateur de $\mathcal{F}(z)$ (*L. S.*, p. 585) est contenu dans le cercle $|z| \leqq \pi$ et la seconde que ce diagramme contient un point qui *ne se trouve pas sur l'axe imaginaire*. La frontière de ce diagramme indicateur (qui est un domaine convexe, symétrique par rapport à l'axe imaginaire comme par rapport à l'axe réel) ne peut donc pas contenir un segment de droite vertical de longueur 2π. D'où il suit (*L. S.*, p. 604-609) que la série entière

$$\mathcal{F}(1)z + \mathcal{F}(2)z^2 + \mathcal{F}(3)z^3 + \ldots$$

est prolongeable. Mais cette série est de la forme (1) [puisque $\mu_1, \mu_2, \ldots$ sont contenus dans la suite $\lambda_1, \lambda_2, \ldots$; voir (3) et (5)] et sa prolongeabilité résulte de la négation de l'hypothèse (2). C. Q. F. D.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les surfaces de Riemann définies par certaines fonctions entières.* Note de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Émile Borel.

Soient $w = f(z)$ une fonction entière *d'ordre fini* et S la surface de Riemann décrite par w. La décomposition de S en feuillets F au moyen de demi-droites $\arg w = \text{const.}$, $|w| \geqq W_j > 0$, issues des points critiques rencontrés dans le prolongement radial de la fonction inverse $z = \chi(w)$, fournit, lorsque $w = 0$ n'est pas valeur asymptotique, une décomposition

du plan des z en domaines Δ qui sont des domaines complets d'univalence de $f(z)$. On pourrait obtenir des domaines incomplets si $w=0$ était valeur asymptotique (voir les travaux de M. Iversen), mais on peut alors, comme l'a observé M. Hibbert [1], marquer sur S les courbes $|w|=W_0$, où W_0 est distinct des modules des points critiques, et prolonger radialement de part et d'autre de ces courbes, en achevant de séparer, s'il y a lieu, certains feuillets par une demi-droite $\arg w = c_0$. Dans les deux cas, on peut avoir un nombre fini de *feuillets singuliers;* la frontière d'un feuillet singulier contient au moins un point critique transcendant à distance finie qui est point limite de points critiques algébriques. J'ai étudié un exemple très simple de ce cas dans un article qui doit paraître dans un autre recueil.

Je considère ici les feuillets *non singuliers* qui contiennent sur leur frontière une infinité de points critiques algébriques : les frontières radiales issues de ces points vont à l'infini, qui est point directement critique de seconde espèce. Des exemples simples sont fournis par

$$w=f(z)=\int_0^z (\cos z^p + \operatorname{ch}\alpha)\,dz,$$

où p est un entier positif, α réel et $|\alpha|$ assez petit lorsque $p>1$. $w=\infty$ est le seul point critique transcendant; la frontière du feuillet F_0 issu de $w=0$, $z=0$, contient une infinité de points critiques algébriques dont les arguments ont pour limites $\pi h/p$, $h=0, \pm 1, \ldots, \pm(p-1), p$; les frontières des autres feuillets n'en contiennent qu'un. $w=f(z^q)$ fournirait q feuillets de l'espèce indiquée, mais son ordre est pq.

Les fonctions d'ordre nul à croissance lente se prêtent à des constructions plus intéressantes. Je me bornerai à opérer sur un exemple numérique. Partons de

$$\Phi(z)=\prod_2^\infty\left(1-2\cos\varphi_p\frac{z}{r_p}+\frac{z^2}{r_p^2}\right), \qquad r_p=A^{2^p},$$

où A est un nombre donné positif et très grand, et où les φ_p, $0<\varphi_p<\pi$, vont être déterminés de proche en proche. Pour

$$\sqrt{r_{n-1}r_n}\leqq|z|\leqq\sqrt{r_n r_{n+1}}, \qquad n\geqq 2,$$

on peut écrire

$$\Phi(z)=\frac{z^{2n-2}}{r_2^2\ldots r_{n-1}^2}\left(1-2\frac{z}{r_n}\cos\varphi_n+\frac{z^2}{r_n^2}\right)[1+h_m^n(z)][1+k_m^n(z)],$$

---

[1] *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 962.

le dernier facteur provenant des termes de $\Phi(z)$ tels que $p > m \geqq n$. On a

$$|h_m^n(z)| < \frac{4}{r_{n-2}}, \qquad |k_m^n(z)| < \frac{4 r_{n-1} r_n}{r_{m+1}}.$$

Il s'ensuit que, pour $|z| = r_n$,

$$w = f(z) = \int_0^z \Phi(z)\,dz = G_n(z)\,[1 + H_m^n(z)]\,[1 + K_m^n(z)],$$

$$G_n(z) = \frac{z^{2n-1}}{(2n-1)r_2^2 \ldots r_{n-1}^2}\left(1 - 2\frac{2n-1}{2n}\,\frac{z}{r_n}\cos\varphi_n + \frac{2n-1}{2n+1}\,\frac{z^2}{r_n^2}\right),$$

$H_m^n(z)$ ne dépend que de z, n, m, φ_2, φ_3, $\ldots$, φ_m. On a

$$(1) \qquad |H_m^n(z)| < \frac{30 n^2}{r_{n-1}}, \qquad |K_m^n(z)| < \frac{30 n^2 r_n r_{n-1}}{r_{m+1}}.$$

Lorsque l'argument de z croît de zéro à φ_n, w décrit une courbe simple Γ_n de S qui joint un point d'argument zéro du feuillet F_0 ($w = 0$, $z = 0$) à un point de ramification w_n. Γ_n reste dans la couronne $|w_{n-1}| < |w| < |w_{n+1}|$.

Sur Γ_n l'argument de w varie de 0 à ψ_n qui est l'argument de $G_n(z)$, $(2n-1)\varphi + \ldots$ augmenté des termes provenant de $H_m^n(z)$ et $K_m^n(z)$ dont (1) fournit des bornes; $H_n^n(z)$ sera déterminé lorsque φ_n sera à son tour choisi. Les φ_j ($j = 2, \ldots, n-1$) ayant été pris de proche en proche pour que l'écart deux à deux des valeurs réduites des ψ_j (comprises entre 0 et π lorsque w_j est sur F_0) soit au moins $\varepsilon_{n-1} = 100(n-1)^2/r_{n-3}$, on choisira φ_n pour que l'écart de la valeur réduite de ψ_n à celle des ψ_j précédents soit supérieur à ε_n, et pour que w_n soit placé, au choix, sur l'un des $n-2$ feuillets obtenus à partir de F_0 et de w_2, $\ldots$, w_{n-1}. Les $n-1$ premiers ψ_j seront alors connus à ε_n près, qui tend vers 0 avec $1/n$. *On pourra placer tous les w_n sur F_0, ou les introduire sur un nombre fini de feuillets, ou en mettre successivement une infinité sur tous, et faire en sorte que leurs arguments soient denses entre 0 et 2π sur les feuillets où on les place d'abord (denses entre 0 et π sur F_0).* Revenant au plan des z, *on voit qu'il existe des fonctions entières aussi lentement croissantes que l'on veut telles que les courbes argument $w =$ const. qui passent par les zéros de $f'(z)$ coupent tout arc module $w =$ const. en des points denses sur cet arc.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la théorie abstraite des fonctions analytiques* [1]. Note [2] de M. **Max Zorn**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous présentons ci-dessous un système d'axiomes caractérisant, d'une façon topologique, la famille des représentations conformes (et uniformes) dans une surface de Riemann [1].

Soient S un espace, $\mathcal{F}$ une famille de transformations, satisfaisant aux axiomes 1-12 :

1. L'espace S est une variété orientable.

2. $\mathcal{F}$ est une famille de fonctions (transformations, correspondances) F; les fonctions F sont définies sur des régions D (ensembles ouverts et connexes) de S; l'ensemble des valeurs F(D) est un sous-ensemble de S.

Nous désignerons les éléments F de $\mathcal{F}$ comme *holomorphes* ou *holomorphes* ($\mathcal{F}$). Si la transformation inverse de F existe, et, si F^{-1} est holomorphe, F est appelée *biholomorphe*.

3. Une fonction holomorphe est uniforme et continue; elle conserve l'orientation.

4. Une fonction holomorphe qui n'est pas constante est *ouverte*, c'est-à-dire l'image F (E) d'un ensemble ouvert E est ouvert.

Définitions. — *a*. La fonction définie par F sur une région D′ faisant partie de D sera désignée par F/D′ (fonction partielle).

b. Le produit FG de deux fonctions F, G est défini comme d'habitude : $FG(x) = F[G(x)]$. Il existe si F est définie pour les valeurs $G(x)$ de G.

5. *a*. Si F est holomorphe et définie sur D′, F/D′ est holomorphe.

b. Si F et G sont holomorphes et si FG existe, FG est holomorphe.

c. Si l'inverse d'une transformation holomorphe existe, F^{-1} est holomorphe.

d. L'identité I est toujours holomorphe.

e. Les *constantes* $F(x) = c$ sont holomorphes.

Définitions. — *a*. Une fonction F est *holomorphe au point p* si F/U_p est holomorphe pour un voisinage U_p de p.

---

[1] Voir S. Stoïlow, *Principes topologiques de la théorie des fonctions analytiques*, Paris, 1938; B. de Kerékjártó, *Enseignement math.*, 35, 1938, p. 297; M. Zorn, *Bull. of. the Am. math. Soc.*, 43, 1937, p. 775.

[2] Séance du 20 février 1939.

b. F est *invertible au point p* si pour un voisinage U_p la transformation F/U_p est biunivoque.

c. Si F n'est pas invertible au point p, p sera appelé *point spécial pour* F.

6. Si pour une suite x_i de points différents et deux fonctions F, G holomorphes $\lim x_i = x^\star$, $F(x_i) = G(x_i)$, $F(x^\star) = G(x^\star)$, alors les deux fonctions F et G sont identiques.

7. Les points spéciaux d'une fonction holomorphe, qui n'est pas constante, constituent un ensemble discret (privé de points d'accumulation) dans la région de définition.

8. La famille $\mathcal{F}$ contient au moins une fonction à point spécial isolé.

9. Si une fonction continue sur D est holomorphe pour tous les points de D à l'exception d'un ensemble discret, elle est holomorphe.

Les axiomes 10, 11, 12 se formulent à l'aide d'un système de régions C_p; C_p, défini pour tout point p de l'espace S, est homéomorphe à l'intérieur de la sphère n-dimensionnelle; la fermeture $\overline{C}_p$ est homéomorphe à la sphère fermée; C_p est un voisinage de p.

Définition. — Un ensemble A est borné s'il y a un C_p contenant A.

10. Pour deux régions D_1, D_2, bornées et homéomorphes à l'intérieur de la sphère, il existe toujours des F biholomorphes telles que $F(D_1) = F(D_2)$. De plus il est possible de s'arranger pour avoir $F(p_1) = p_2$, où les p_i sont choisis arbitrairement en D_i. Si les fermetures $\overline{D}_i$ sont homéomorphes à la sphère fermée, F possède un prolongement topologique $\overline{F}$ tel que $\overline{F}(\overline{D}_1) = \overline{D}_2$.

11. Si une famille $\{F\}$ de fonctions holomorphes est bornée, il existe une suite partielle F_i convergeant d'une façon continue, la limite continue étant holomorphe.

Définition. — Nous dirons que $C_1 \subset C$ est un *cercle* de l'ensemble C, supposé homéomorphe à la sphère et borné, si, pour un point p de C_1, il existe une infinité F_i de fonctions biholomorphes satisfaisant à

$$F_i(C) = C, \quad F_i(C_1) = C_1, \quad F_i(p) = p.$$

12. Si C_1 et C_2 sont deux cercles de C, et si C_1 est une image biholomorphe K(C) de C, alors $K(C_2)$ est un cercle de C_1.

Définition. — Si $\mathcal{F}_1$ est une famille de transformations dans S_1, $\mathcal{F}_2$ une famille de transformations dans S_2, nous dirons que $(\mathcal{F}_1, S_1)$ et $(\mathcal{F}_2, S_2)$ sont équivalents s'il y a une correspondance topologique Φ telle que

$$\Phi(S_1) = S_2, \qquad \Phi\, \mathcal{F}_1 \Phi^{-1} = \mathcal{F}_2.$$

THÉORÈME PRINCIPAL. — *Si une famille $\mathfrak{F}$ de transformations satisfait aux axiomes 1-12, elle est équivalente à la famille $\mathfrak{F}_a$ des fonctions uniformes définies sur des régions d'une surface de Riemann* S_R, *à valeurs en* S_R, *et à équations analytiques entre les variables localement uniformisantes de* S_R.

FONCTIONS D'UNE VARIABLE RÉELLE. — *Solution du problème de Carleman pour un intervalle fermé fini.* Note ([1]) de M. **Henri Cartan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Etant donnée une suite illimitée de quantités A_n positives (finies ou infinies), on dit ([2]) qu'une fonction réelle $f(x)$, indéfiniment dérivable sur un intervalle I, appartient à la classe $\{A_n\}_I$ si à chaque $x_0 \in I$ on peut associer un voisinage $V(x_0)$ et un nombre fini $\lambda > 0$, de manière que l'on ait

$$|f^{(n)}(x)| \leq \lambda^n A_n \qquad (n = 1, 2, \ldots)$$

pour tout x qui appartient à I et à $V(x_0)$. Lorsque I est fermé fini, cette définition coïncide avec la définition classique de Hadamard et Denjoy. On se bornera au cas non trivial où les A_n ne sont pas tous infinis à partir d'un certain rang.

Le problème de Carleman ([3]) pour un intervalle I est celui-ci : *à quelle condition doivent satisfaire les coefficients* A_n *et* A'_n *de deux suites pour que la classe* $\{A_n\}_I$ *soit contenue dans la classe* $\{A'_n\}_I$?

S. Mandelbrojt et moi-même ([3]) avons donné une solution de ce problème pour un intervalle *ouvert* fini. Je vais en donner ici une solution pour le cas où l'intervalle fini I est *fermé* ou *semi-ouvert;* la solution est la même dans ces deux derniers cas, mais elle est autre que pour l'intervalle ouvert.

2. S. Mandelbrojt, qui a récemment étudié ([4]) les procédés de *régularisation* en général, avait introduit il y a plusieurs années le procédé dit de *régularisation exponentielle* pour les suites, procédé qui conduit précisément à la solution du problème de Carleman pour un intervalle ouvert ([3]). C'est

---

([1]) Séance du 27 février 1939.

([2]) H. Cartan, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 414.

([3]) Pour la bibliographie, voir la Note citée en ([2]), et en outre la Note de S. Mandelbrojt et H. Cartan (*Comptes rendus*, 208, 1939, p. 555).

([4]) *La régularisation des fonctions* (*Actualités scientifiques*, fasc. 733, 1938).

un mode de régularisation légèrement différent qui va nous servir dans le cas présent. Posons, pour $r > 0$,

$$U(r) = \max_{0 \leqq n \leqq r} \frac{r^{2n}}{n^n A_n},$$

puis, pour tout entier $n \geqq 0$,

$$A_n^f = \overline{\text{borne}}_{n \geqq r} \frac{r^{2n}}{n^n U(r)}.$$

On a $A_n^f \leqq A_n$, et les A_n^f sont tous finis pour n assez grand. D'ailleurs, si l'on pose

$$B_n = \sqrt{n^n A_n},$$

et qu'on désigne par $\{B_n^0\}$ la régularisée exponentielle de la suite $\{B_n\}$, on a

$$\sqrt{n^n A_n^f} = B_n^0.$$

3. Cela posé, le problème de Carleman se trouve résolu par le théorème suivant :

THÉORÈME. — *Soit* I *un intervalle fini, fermé ou semi-ouvert. Pour qu'une classe* $\{A_n\}_I$ *soit contenue dans une classe* $\{A'_n\}_I$, *il faut et il suffit que l'on ait*

$$\overline{\lim_{n \to \infty}} \left(\frac{A_n^f}{A'_n}\right)^{\frac{1}{n}} < +\infty, \tag{1}$$

ou, ce qui revient au même,

$$\overline{\lim_{n \to \infty}} \left(\frac{A_n^f}{A'^f_n}\right)^{\frac{1}{n}} < +\infty. \tag{1'}$$

La condition (1) est plus forte que la condition

$$\overline{\lim_{n \to \infty}} \left(\frac{A_n^0}{A'_n}\right)^{\frac{1}{n}} < +\infty, \tag{2}$$

relative au cas d'un intervalle *ouvert* fini [3]. Mais pour $A'_n = n!$ les conditions (1) et (2) sont équivalentes; on retrouve ainsi un résultat de Mandelbrojt [5] : pour que toutes les fonctions d'une classe $\{A_n\}_I$ soient analytiques sur un intervalle I fini *fermé*, il faut et il suffit que

$$\overline{\lim_{n \to \infty}} \left(\frac{A_n^0}{n!}\right)^{\frac{1}{n}} < +\infty.$$

---

[5] *Séries de Fourier et classes quasi-analytiques* (*Collection Borel*, 1935), p. 79.

Au contraire, pour A'_n quelconque, la condition (2) n'est pas suffisante, en général, pour l'inclusion de la classe $\{A_n\}_I$ dans la classe $\{A'_n\}_I$, lorsque I est fermé.

4. Le théorème ci-dessus résulte des deux propositions suivantes, respectivement analogues aux deux propositions de la Note citée de S. Mandelbrojt et H. Cartan ([3]).

Proposition 1. — *Sur tout intervalle* I (*ouvert ou fermé, fini ou infini*), *les classes* $\{A_n\}_I$ *et* $\{A^f_n\}_I$ *sont identiques.*

Cela résulte de l'inégalité (5) de ma Note citée plus haut ([2]). Cette inégalité est relative aux maxima de trois dérivées successives (pas forcément consécutives) d'une même fonction sur un intervalle fini fermé.

Proposition 2. — *Sur un intervalle fini* I, *fermé ou semi-ouvert, la condition* (1) *est nécessaire pour que la classe* $\{A_n\}_I$ *soit contenue dans la classe* $\{A'_n\}_I$.

Les démonstrations paraîtront dans un autre Recueil.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions méromorphes dans un angle.* Note de M. **Jacques Dufresnoy**, présentée par M. Gaston Julia.

M. R. Nevanlinna ([1]) applique aux fonctions $f(z)$ méromorphes dans un angle les méthodes qu'il avait systématiquement utilisées dans ses recherches sur les fonctions méromorphes dans tout le plan fini. Il introduit une fonction caractéristique $S(r, f)$ *relative à l'angle considéré*. Elle satisfait à un premier théorème fondamental : la différence entre $S(r, f)$ et $S(r, 1/f)$ est bornée. D'autre part, il existe une fonction croissante de r qui diffère de $S(r, f)$ d'une quantité bornée.

J'ai été conduit à considérer la fonction $S(r, \sigma, f)$ *relative à un angle d'ouverture* π/σ ayant une bissectrice fixée. En supposant que σ est borné inférieurement, il est facile de montrer que, à une quantité bornée près, la fonction $C(r, \sigma, f)$ croît, non seulement avec r, mais aussi avec $1/\sigma$. La méthode de M. H. Cartan conduit alors au même résultat pour la fonction $S(r, \sigma, f)$ qui satisfait encore au premier théorème fondamental.

Je vais montrer que l'on peut étendre le deuxième théorème fondamental à des cas plus généraux que celui envisagé par M. Nevanlinna (fonctions méromorphes d'ordre fini dans tout le plan). Cette étude repose sur une

([1]) *Acta Soc. Scient. Fennicae*, 50, 12, 1925, p. 1-45.

limitation de la dérivée logarithmique. J'ai obtenu les résultats suivants :

I. *Si dans un angle* W_1, *une fonction* $f(z)$ *est méromorphe d'ordre fini, dans tout angle intérieur* $A(r, f'/f)$ *et* $B(r, f'/f)$ *sont bornés.*

II. *Si dans un angle* W_1, *une fonction* $f(z)$ *est méromorphe d'ordre infini et y présente la fonction caractéristique* $S_1(r, f)$, *on a dans tout angle intérieur d'ouverture* π/σ, sauf pour des r exceptionnels,

$$A\left(r, \frac{f'}{f}\right) = O\left[\int^r \log S_1(r, f)\frac{\log r\, dr}{r^{\sigma+1}}\right], \qquad B\left(r, \frac{f'}{f}\right) = O\left[\frac{\log S_1(r, f)}{r^{\sigma}}\right].$$

III. *Soit, dans l'angle* W_1, *un secteur d'angle variable satisfaisant à* $\sigma = \varphi(r)$, *la fonction* $\varphi(r)$ *étant décroissante, bornée inférieurement et telle qu'il existe un nombre* k *pour lequel on ait, quels que soient* $r_1 < r_2$,

$$\varphi(r_1) - \varphi(r_2) > (r_2 - r_1)r_2^{-k}.$$

1° *si* $S[r, \varphi(r), f]$ *est d'ordre fini, on a*

$$A\left[R, \varphi(r), \frac{f'}{f}\right] = O(\log r) \qquad \text{et} \qquad B\left[R, \varphi(r), \frac{f'}{f}\right] = O(1);$$

2° *si* $S[r, \varphi(r), f]$ *est d'ordre infini, on a* sauf pour des r exceptionnels

$$A\left[r, \varphi(r), \frac{f'}{f}\right] = O\left[\log S[r, \varphi(r), f]\right], \qquad B\left[r, \varphi(r), \frac{f'}{f}\right] = O\left[\frac{\log S[r, \varphi(r), f]}{r^{\varphi(r)}}\right].$$

D'où les deux formes du deuxième théorème fondamental.

Théorème A. — *Si une fonction* $f(z)$ *est méromorphe dans un angle* W_1, *on a dans tout angle intérieur* W *d'ouverture* π/σ

$$(q-2)\,S(r, f) < \sum_{i=1}^{q} C(r, f - a_i) - \overline{C}(r) + R(r),$$

avec $R(r) = O(1)$ si la fonction $f(z)$ est d'ordre fini dans W_1 ; *avec*, dans le cas contraire et sauf pour des r exceptionnels,

$$R(r) = O\left[\frac{\log S_1(r, f)}{r^{\sigma}} + \int^r \log S_1(r, f)\frac{\log r\, dr}{r^{\sigma+1}}\right].$$

Théorème B. — *Si une fonction* $f(z)$ *est méromorphe dans un angle* W_1, *on a dans un secteur d'angle variable défini comme dans* III *et restant intérieur à l'angle* W_1

$$(q-2)\,S[r, \varphi(r), f] < \sum_{i=1}^{q} C[r, \varphi(r), f - a_i] + O\left[\log S[r, \varphi(r), f]\right],$$

sauf pour des r exceptionnels, lorsque la fonction $S[r, \varphi(r), f)]$ *est d'ordre infini; lorsqu'elle est d'ordre fini, on a sans restriction*

$$(q-2)\,S[R, \varphi(r), f] < \sum_{i=1}^{q} C[R, \varphi(r), f-a_i] + O(\log r).$$

Conséquences. — 1. $f(z)$ étant méromorphe dans un angle W_1 avec

$$S_1(r, f) = O[e^{r^k}],$$

on a dans tout angle intérieur d'ouverture $\pi/\sigma < \pi/k$ les propriétés suivantes :

a. Si, λ étant un nombre positif,

$$\int^{\infty} \frac{C(r, z)}{r^{\lambda+1}}\,dr < \infty$$

pour trois valeurs de z, il en est de même pour toutes (²).

b. Si $C(r, z)$ est borné pour trois valeurs de z, il l'est pour toutes.

c. Si $S(r) \to \infty$ avec r, le théorème du défaut s'applique.

2. Si, dans un angle W_1, la fonction $C_1(r, z)$ est au plus d'ordre $\rho(r)$ fini ou infini pour trois valeurs de z, il en est de même dans tout angle intérieur pour $S(r)$ et $C(r, z)$ quel que soit z.

3. Si, dans un angle W_1 d'ouverture π/σ_1, la fonction $C_1(r, z)$ est bornée pour trois valeurs de z, dans un angle intérieur W d'ouverture π/σ, on a $S(r, \sigma, f) = O[\log 1/(\sigma - \sigma_1)]$.

En particulier, si la fonction $f(z)$ est holomorphe dans W_1, cela entraîne

$$\frac{\log M(r)}{r^{\sigma_1} \log \log r} = O(1),$$

$M(r)$ désignant le maximum de $|f(z)|$ sur l'arc du cercle $|z| = r$ intérieur à un angle W intérieur à W_1 (³).

(²) On peut faire sur $C(r, z)$ une hypothèse plus large (ordre infini); on obtient une proposition analogue. On peut aussi faire sur $S_1(r, f)$ des hypothèses plus larges, ce qui conduit à des propositions peu différentes.

(³) Bieberbach, *Math. Zeit.*, 3, 1919, p. 176, obtient une conclusion plus précise dans l'hypothèse plus restrictive de deux valeurs lacunaires finies. Cette conclusion plus précise est encore valable avec notre hypothèse lorsque $f(z)$ est méromorphe dans un angle W_0 extérieur à W_1 et y satisfait à $S_0(r, f) = O[e^{r^k}]$ avec $k < \sigma_1$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Problème des sillages. Validité des solutions.* Note de M. **Adalbert Oudart**, présentée par M. Henri Villat.

I. Les résultats que nous allons énoncer concernent un obstacle dans un canal à parois curvilignes et font suite aux théorèmes énoncés par M. J. Kravtchenko (1) pour l'obstacle tranchant et le canal rectiligne, théorèmes qui constituent des extensions de quelques résultats de M. H. Villat (2) (cas de l'obstacle symétrique) et de M. J. Leray (3) (cas du fluide indéfini), ainsi que de M. C. Jacob (4).

Considérant l'écoulement avec sillage construit, à partir des fonctions $\Phi(s)$ et $\psi(s)$ et des paramètres a, b, ψ_1 et ψ_2, à l'aide des formules de M. Villat (5), nous nous proposons d'examiner des solutions correspondantes du point de vue des deux conditions de validité de M. M. Brillouin (5).

Rappelons que l'obstacle tranchant relativement à un axe est un obstacle qui n'est rencontré qu'en un point par une parallèle à cet axe; nous dirons qu'un canal ou un sillage est monotone et divergent (ou convergent) si les parois ou les lignes libres ne sont rencontrées qu'en un point par une parallèle à un axe et vont en s'écartant (ou se rapprochant) de cet axe. Ainsi l'obstacle tranchant se traduit par $\Phi(s) \leqq 0$ pour $0 \leqq s \leqq s_0$ et $\Phi(s) \geqq 0$ pour $s_0 \leqq s \leqq \pi$; le canal monotone et divergent par $\psi(s) \leqq 0$ pour $0 \leqq s \leqq s_1$ et $\psi(s) \geqq 0$ pour $s_1 \leqq s \leqq \pi$.

Ceci posé, on a

Théorème 1. — *Si la vitesse sur l'obstacle et les parois, supposés quelconques, est inférieure à l'unité, les deux conditions de M. M. Brillouin sont satisfaites, le sillage est monotone et divergent, les lignes de jet concaves vers le sillage.*

Théorème 2. — *Si l'obstacle est tranchant et le canal monotone et divergent par rapport à la vitesse à l'infini amont, les lignes de jet ne se recoupent pas, le sillage est monotone et divergent.*

II. Nous allons maintenant considérer un canal rectiligne et un obstacle tranchant. M. J. Kravtchenko a montré (6) que l'inégalité $V \leqq 1$ était satis-

---

(1) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 208.

(2) *Journal de Mathématiques*, 6e série, **10**, 1914, p. 231.

(3) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1282.

(4) *Thèse*, Paris-Cluj, 1935, p. 116.

(5) H. Villat, *Aperçus théoriques sur la résistance des fluides* (*Scientia*).

(6) *Thèse* (sous presse).

faite si

$$(1) \qquad q \leqq \sqrt{2-\sqrt{3}} \quad \text{et} \quad T(s) < 0,$$

$q =$ rayon du cercle intérieur de la couronne classique, $e^{T(s)} =$ vitesse le long de l'obstacle construit en fluide indéfini [6].

Il est possible de préciser la signification géométrique de la première condition (1) dans le domaine même du fluide.

Nous référant à une Note de M. J. Kravtchenko [7] basée sur un lemme dû à M. Leray, il suffira de vérifier

$$(2) \qquad \frac{\Lambda^2}{\sigma} \geqq \frac{1}{\pi} L \frac{1}{\sqrt{2-\sqrt{3}}} = 0,21.$$

Soient δ_1 la largeur et δ_2 la profondeur de l'obstacle, δ_3 la diagonale du rectangle construit sur δ_1 et δ_2, d_1 la plus courte distance de l'obstacle aux parois.

Par un choix convenable de la sphère Σ, d'une majorante de σ et d'une minorante de Λ, l'inégalité (2) se transforme en une autre dans laquelle entrent explicitement le rapport $\delta_2 : \delta_1$, et implicitement le rapport $d_1 : \delta_1$ (ou $d_1 : \delta_3$). Les valeurs minima correspondantes de ces derniers rapports s'obtiennent ensuite par une méthode d'approximations successives; on obtient ainsi le tableau suivant :

$\delta_2 : \delta_1$....	0	0,5	1	1,5	2	2,5	∞
$d_1 : \delta_1$....	2,72	4,72	9,65	19,4	36	53	∞
$d_1 : \delta_3$....	2,72	4,22	6,6	10,8	16,1	19,7	∞

Si l'obstacle se termine aux extrémités d'un segment δ_1 perpendiculaire au canal et reste inclus dans le triangle curviligne amont limité à δ_1 et à deux arcs de cercles normaux à δ_1 et de rayon 0,69 δ_1, on peut choisir une minorante de Λ plus avantageuse et l'on obtient 1,83 au lieu de 2,72; le canal aura alors pour largeur minima 4,66 δ_1.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur le spectre de la turbulence homogène.* Note de M. **Jacques Kampé de Fériet**, présentée par M. Henri Villat.

La théorie statistique de la turbulence a conduit récemment G. I. Taylor [1] à des résultats importants concernant la répartition de l'énergie d'agitation entre les fréquences (spectre de la turbulence); dans ses

---

[7] *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 276.

[1] *Proc. Royal Soc. London*, **164**, 1938, p. 476-490.

travaux, comme d'ailleurs dans tous ceux consacrés à ce sujet, on suppose que ce spectre est continu; je me propose, en supprimant cette hypothèse, de montrer l'influence respective des *raies* et des *bandes* et d'indiquer *des cas très larges où il est effectivement légitime de supposer le spectre continu.*

Soient des particules en mouvement sur Ox; la vitesse d'agitation d'une particule à l'instant t sera une *fonction aléatoire* $U(t)$ au sens de M. E. Slutsky [2]; l'homogénéité de la turbulence correspond aux hypothèses

$$(1) \qquad \overline{U(t)} = 0, \qquad \overline{U(t)^2} = U_0^2, \qquad \overline{U(t)U(t+h)} = U_0^2 R(h).$$

On a $R(h) = R(-h)$, si l'on suppose en outre $R(+0) = 1$, $U(t)$ *est continue en probabilité;* elle appartient à la classe *des fonctions aléatoires stationnaires* de Slutsky. Le déplacement d'une particule est donné par

$$X(t) = \int_0^t U(s)\,ds;$$

il est bien connu que

$$(2) \qquad \overline{X(t)} = 0, \qquad \overline{X(t)^2} = U_0^2 \int_0^t \int_0^t R(s_2 - s_1)\,ds_1\,ds_2.$$

Or A. Khintchine [3] a prouvé qu'il faut et il suffit, pour que $R(h)$ soit le coefficient de corrélation d'une fonction aléatoire stationnaire, qu'il soit représenté par une intégrale de Fourier-Stieltjes

$$(3) \qquad R(h) = \int_{-\infty}^{+\infty} \cos\lambda h\, d\mathcal{F}(\lambda),$$

où $\mathcal{F}(\lambda)$ est une fonction monotone non décroissante, dont la variation totale est 1. Pour la turbulence, la fonction $\mathcal{F}(\lambda)$ définit la répartition de l'énergie cinétique, l'énergie correspondant à une raie (discontinuité λ_j) ou à une bande (distribution continue entre λ' et λ'') étant

$$U_0^2[\mathcal{F}(\lambda_j + 0) - \mathcal{F}(\lambda_j - 0)] \qquad \text{et} \qquad U_0^2[\mathcal{F}(\lambda'') - \mathcal{F}(\lambda')];$$

d'après sa signification, $\mathcal{F}(\lambda)$ est évidemment impaire si l'on pose $\mathcal{F}(0) = 0$.

En remplaçant R dans (2) et en intervertissant les intégrations [opéra-

---

[2] *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 878; *Att. Cong. Mat. Bologna*, 6, 1928, p. 111; *Giorn. Ist. Ital. Attuari*, Roma, 8, 1937, p. 183-201.

[3] *Math. Ann.*, 109, 1934, p. 604-615.

tion légitime à cause de la convergence uniforme de (3)], il vient

$$\overline{X(t^2)} = 4U_0^2 \int_1^{+\infty} \frac{1-\cos\lambda t}{\lambda^2} d\mathcal{F}(\lambda); \tag{4}$$

cette formule, définissant la dispersion pour toutes les valeurs de t, que le spectre soit continu ou non, contient tous les résultats antérieurs de G. I. Taylor, notamment ceux concernant $t \to 0$, $t \to +\infty$.

Décomposons la fonction monotone bornée $\mathcal{F}(\lambda)$ en $\mathcal{F}_c(\lambda) + \mathcal{F}_s(\lambda)$, $\mathcal{F}_c(\lambda)$ étant continue et $\mathcal{F}_s(\lambda)$ désignant sa fonction des sauts (fonction en escalier), ayant au plus une infinité dénombrable de discontinuités λ_j pour lesquelles nous posons ([4])

$$A_0 = \mathcal{F}(+0) - \mathcal{F}(-0), \qquad A_j = A_{-j} = \mathcal{F}(\lambda_j + 0) - \mathcal{F}(\lambda_j - 0) \qquad (\lambda_j > 0),$$

nous obtenons cette valeur de la dispersion

$$\overline{X(t)^2} : U_0^2 = A_0 t^2 + 4 \sum_0^{+\infty} A_j \frac{1-\cos\lambda_j t}{\lambda_j^2} + 4 \int_0^{+\infty} \frac{1-\cos\lambda t}{\lambda^2} d\mathcal{F}_c(\lambda),$$

où *les deux premiers termes* ([5]) *expriment l'influence des raies et le troisième celui des bandes.* Or la somme des termes de la série et la portion de l'intégrale pour lesquelles respectivement $\lambda_j > l$ et $\lambda > l$ (l positif arbitraire) définissent des fonctions bornées de t, quel que soit t :

1° *Chaque fois que* $\overline{X(t)^2}$ *est une fonction non bornée quand* $t \to +\infty$ (ce qui est le cas dans toutes les expériences), *on peut affirmer l'existence dans le spectre d'au moins un des trois éléments suivants :*

α. *la raie* $\lambda = 0$; β. *une infinité de raies* λ_j *dans le voisinage de* $\lambda = 0$; γ. *une bande contenant* $\lambda = 0$.

Mais on peut préciser davantage; la formule d'inversion de Paul Lévy ([6]) permet de tirer de (3)

$$\mathcal{F}(\lambda+0) + \mathcal{F}(\lambda-0) = \frac{2}{\pi} \int_0^{+\infty} \frac{\sin\lambda s}{s} R(s)\,ds.$$

([4]) Les discontinuités sont supposées groupées de manière que $\lambda_j = -\lambda_{-j} > 0$.

([5]) La série, uniformément convergente dans tout intervalle fini (à cause de la convergence de la série à termes positifs A_j), définit une fonction entière de t; la somme partielle pour laquelle $\lambda_j > l$ est une fonction quasi périodique.

([6]) *Calcul des Probabilités*, Paris, 1925, p. 163-172.

Quand le coefficient de corrélation R(h) est tel que dans [λ', λ'']

$$\lim_{m \to +\infty,\, n \to +\infty} \int_n^m \frac{\sin \lambda s}{s} \mathrm{R}(s)\, ds = 0$$

uniformément par rapport à λ, on est certain de la continuité de $\mathcal{F}(\lambda)$ dans cet intervalle. En particulier

2° *Si* R(h) : h, *qui a toujours pour limite* o *pour* $h \to +\infty$ *tend vers cette limite en décroissant,* $\mathcal{F}(\lambda)$ *est nécessairement continue pour toutes valeurs de* λ, *sauf éventuellement pour* $\lambda = 0$.

3° *Si* R(h) : *h est absolument intégrable dans un intervalle* $0 < \mathrm{H} \leqq h \leqq +\infty$, $\mathcal{F}(\lambda)$ *est nécessairement continue pour toute valeur de* λ.

Dans les travaux expérimentaux on a toujours R(h) > o, et

$$\mathrm{L} = \int_0^{+\infty} \mathrm{R}(s)\, ds = \lim_{\lambda \to 0} \frac{\pi}{2\lambda} [\mathcal{F}(\lambda + 0) - \mathcal{F}(\lambda - 0)]$$

a une valeur finie; la condition (3) étant alors satisfaite, la présence de raies dans le spectre est donc exclue.

HYDRODYNAMIQUE. — *Isotropie des mouvements turbulents et la répartition de l'énergie entre les translations et les rotations.* Note ([1]) de M. **Michel Luntz.**

G. I. Taylor introduisit, il y a quelques années, la notion de l'isotropie des mouvements turbulents ([2]). Je me propose de montrer ici que cette hypothèse est conforme, sous certaines conditions, à l'équipartition de l'énergie entre les différents degrés de liberté, selon le principe général de Maxwell.

Soient u, v, w les composantes de vitesse du mouvement d'agitation. Taylor a montré que l'on a, entre autres, les égalités suivantes (les barres désignent les moyennes prises par rapport au temps) :

$$(1) \quad \begin{cases} \overline{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2} = \overline{\left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2} = \overline{\left(\frac{\partial w}{\partial z}\right)^2}, \\ \overline{\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2} = \overline{\left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2} = \ldots\ldots\ldots = 2\overline{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2}, \\ \overline{\frac{\partial u}{\partial y}\frac{\partial v}{\partial x}} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = -\frac{1}{2}\overline{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2}. \end{cases}$$

([1]) Séance du 20 février 1939.

([2]) G. I. Taylor, *Proc. of Roy. Soc.*, A, 1935, **151**, p. 421-478.

(En réalité le symbole $\partial u/\partial x$ désigne ici une *dérivée aléatoire en moyenne qnadratique*, selon la conception de MM. Dedebant, Kampé de Fériet et Wehrlé.)

Soit $(\xi, \eta, \zeta) = \text{rot}(u, v, w)$. Le vecteur (ξ, η, ζ) donne la vitesse angulaire du fluide. On aura

$$(2) \qquad \overline{\xi^2} = \overline{\eta^2} = \overline{\zeta^2} = \overline{\left(\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x}\right)^2} = \overline{\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2} + \overline{\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2} - 2\overline{\frac{\partial u}{\partial y}\frac{\partial v}{\partial x}} = 5\overline{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2}.$$

Si nous admettons que les particules ont une forme sphérique, et si R est leur rayon, l'énergie de rotation par degré de liberté de rotation sera (I étant le moment d'inertie par rapport à un axe)

$$\frac{1}{2}\mathrm{I}\overline{\xi^2} = \frac{1}{2}\cdot\frac{2}{5}m\mathrm{R}^2.5\overline{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2} = m\mathrm{R}^2\overline{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2},$$

où m est la masse de la particule.

D'autre part, l'énergie de translation par degré de liberté est $1/2 m u^2$.

Si le principe d'équipartition est vrai, on a

$$\frac{1}{2}m\overline{u^2} = m\mathrm{R}^2\overline{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2},$$

d'où

$$(3) \qquad \mathrm{R}^2 = \frac{1}{2}\frac{\overline{u^2}}{\overline{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2}}.$$

Si R est constant, le rapport de $\overline{u^2}$ et de $\overline{(\partial u/\partial x)^2}$ l'est aussi.

Or Taylor a déjà montré ([3]) que l'on a

$$\frac{\overline{u^2}}{\overline{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2}} = \lambda^2,$$

λ étant une certaine longueur constante, tout au moins dans une certaine région de l'espace. Taylor admet que λ [qui est le rayon de courbure au sommet de la courbe de corrélation $\mathrm{K}(y) = \overline{u(0)\,u(y)}/\overline{u^2}$] représente le diamètre des petits tourbillons.

Nous voyons que, dans notre cas (particules sphériques), on trouve $\lambda = \mathrm{R}\sqrt{2}$, soit une valeur comprise entre le rayon et le diamètre des particules élémentaires.

([3]) *Loc. cit.*, p. 437, formules (47) et (48).

Il est intéressant de voir encore ce que devient le tenseur de corrélation de Karman (⁴) dans le cas de nos hypothèses (équipartition de l'énergie et forme sphérique des particules).

Ce tenseur exprimant la corrélation entre les différentes composantes de vitesse en deux points distants de r, s'exprime par la relation

$$\mathcal{R}_{ij}=\left[1+\left(\frac{\partial^2 f}{\partial r^2}\right)_0\right]\mathcal{J}_{ij}-\frac{1}{2}\left(\frac{\partial^2 f}{\partial r^2}\right)_0 r_{ij},$$

où $\mathcal{J}_{ij}$ est le tableau unitaire

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

et le tenseur $r_{ij}=(x_i-x'_i)(x_j-x'_j)$; (x_1, x_2, x_3) et (x'_1, x'_2, x'_3) sont les coordonnées de deux points envisagés et la fonction

$$f(r, t)=1+\frac{r^2}{2}\left(\frac{\partial^2 f}{\partial r^2}\right)_0+\ldots$$

est la fonction de corrélation entre deux composantes de vitesse, prises suivant la direction du vecteur $\vec{r}$. On peut montrer que l'on a ici

$$\left(\frac{\partial^2 f}{\partial r^2}\right)_0=-\frac{1}{2R^2};$$

donc

$$\mathcal{R}_{ij}=\left(1-\frac{r^2}{2R^2}\right)\mathcal{J}_{ij}+\frac{1}{4R^2}r_{ij}.$$

Remarquons enfin que, lorsque les particules ne sont plus sphériques, les mêmes raisonnements s'appliquent encore en admettant simplement que R est le rayon moyen de l'ellipsoïde d'inertie de la particule.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur les singularités dans l'étude d'ensemble d'une maquette d'aile.* Note (¹) de M. **Louis Sackmann**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons fait simultanément sur une maquette d'aile la *mesure des pressions*, l'*étude du décollement* et la *détermination de la polaire*. Notre but

(⁴) Karman and Howarth, *Proc. of Roy. Soc.*, A, 164, 1938, p. 192-215.

(¹) Séance du 13 février 1939.

était surtout d'étudier les singularités qui se présentent au voisinage de l'angle de portance maxima, au moment où s'établit le phénomène de la perte de vitesse.

Données numériques. — Profil Göttingen 430 entre plans parallèles, corde de référence : tangente à l'indrados, pression dynamique, $1/2\ \rho\ V_0^2 = 50^{mm}$ d'eau.

Mesure des pressions. — Les prises de pression, au nombre de 31, réparties sur deux arcs du profil médian (extrados et intrados), communiquent avec un multimanomètre par l'intermédiaire d'un réseau de tubes capillaires (aiguilles hypodermiques) logé à l'intérieur de l'aile.

Étude du décollement. — Le régime d'écoulement sur l'extrados de l'aile est étudié directement par notre méthode d'auto-inscription (²).

Détermination de la polaire. — Celle-ci a été établie jusqu'au delà de l'angle de portance maxima.

Représentation des mesures. — L'ensemble des résultats de mesure est condensé dans le diagramme de la figure ci-contre, en utilisant le système d'axes suivant : un axe parallèle à la corde de base du profil; un axe parallèle aux génératrices de l'aile; un axe perpendiculaire au plan de l'aile, et dans la direction duquel nous portons les valeurs algébriques des pressions réduites.

Nous représentons seulement les pressions sur l'extrados où se produit le décollement; les mesures sont faites de 5° en 5° entre — 5° et + 35°. La perte de vitesse s'établit pour l'angle de + 25°.

Surface des pressions. — Cette surface est définie par les deux familles de courbes :

1° dans le sens de la corde, les profils de pression ($i =$ const.);

2° dans le sens des génératrices, les courbes d'équidistance, dont chacune correspond à une prise de pression déterminée.

La surface des pressions comprend deux domaines :

a. Le domaine relatif aux faibles incidences (régime de vol normal), où le profil des pressions évolue en fonction de l'incidence dans le sens de l'augmentation continue de la portance jusqu'à l'angle de portance maxima. A ce moment d'ailleurs, bien que les fortes dépressions au voisinage du bord d'attaque aillent toujours en croissant, la surface des pressions commence à se creuser à partir du milieu de la corde, ce qui indique le début de l'instabilité de l'écoulement.

b. Le domaine relatif aux grandes incidences, où le profil des pressions est très aplati et pratiquement rectiligne, ce qui correspond à une diminution importante de la portance (40 pour 100); la surface des pressions

---

(²) L. Sackmann, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1313, et 206, 1938, p. 315.

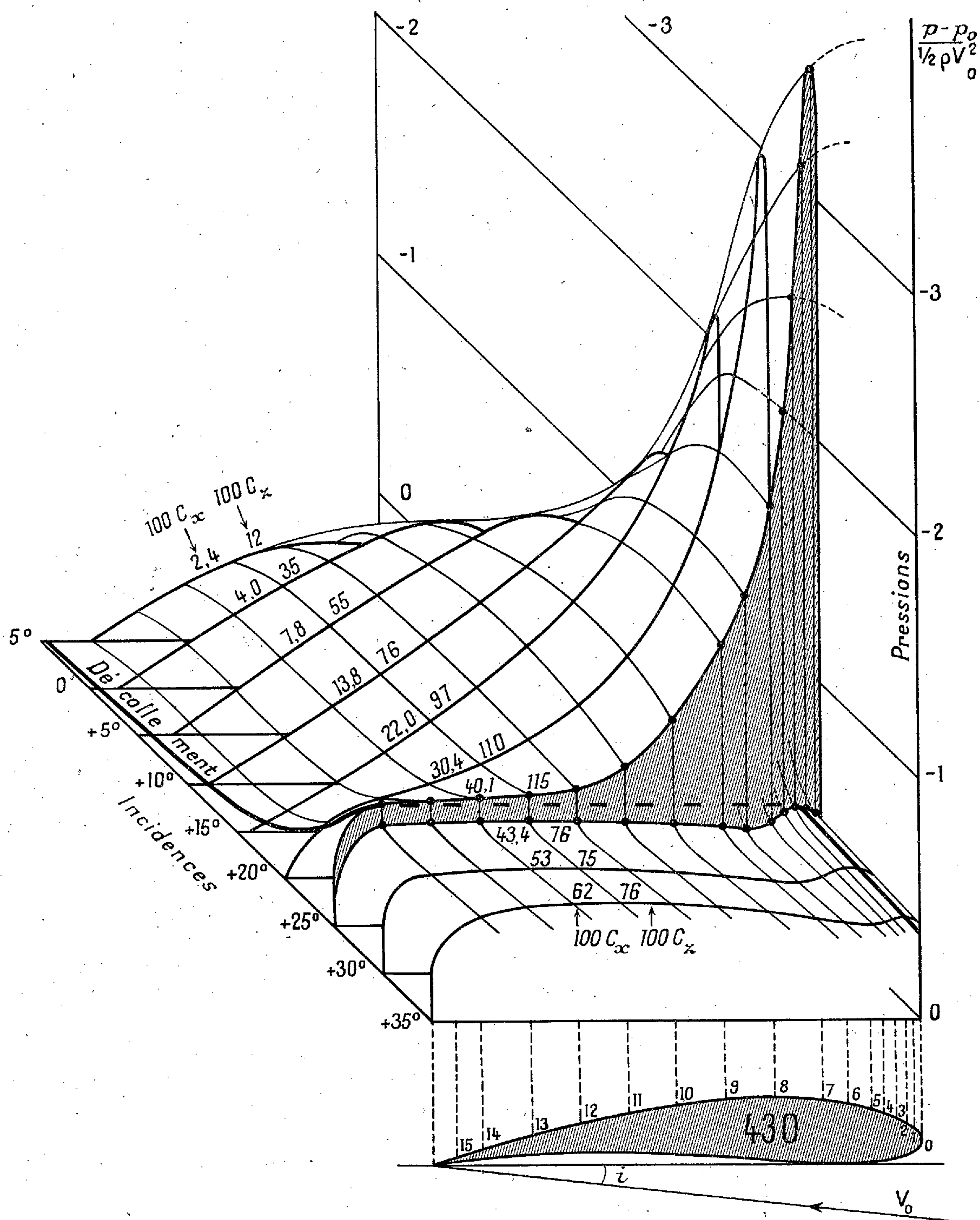


Diagramme complet d'une maquette d'aile.

ressemble alors à celle d'un obstacle ordinaire, à résistance de traînée seulement.

Ces deux domaines sont séparés par une discontinuité pour l'angle de $+25°$; mais, avec des précautions, on peut prolonger chacun de ces deux domaines au delà de cette limite (tracé en pointillé des courbes d'équidistance du diagramme). Ces prolongements correspondent du reste à des écoulements instables.

Indicatrice de décollement. — En marquant sur chaque profil de pression la position repérée du décollement, on définit l'*indicatrice de décollement.* Lorsque l'incidence croît à partir de $-5°$, l'indicatrice quitte peu à peu le bord de fuite de l'aile; elle s'en écarte du reste beaucoup quand on s'approche de la discontinuité. Puis le décollement saute brusquement vers le bord d'attaque, le sillage gagne de plus en plus la totalité de l'extrados de l'aile.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Les lacunes de l'anneau des astéroïdes considérées comme des phénomènes de résonance.* Note (1) de M. **Hervé Fabre**, présentée par M. Jean Chazy.

L'orbite de Jupiter étant supposée circulaire, de centre O, de rayon a' et sise dans le plan xOy, nous écrivons les équations du mouvement d'un astéroïde de masse évanouissante en nous servant des coordonnées de Laplace : $u=(x^2+y^2)^{-1/2}$, $w=z(x^2+y^2)^{-1/2}=\operatorname{tang}\varphi$, et θ, angle polaire dans le plan xOy. L'angle que fait le rayon vecteur de l'astéroïde avec celui de Jupiter étant désigné par H, nous avons comme fonction de forces

$$U=\frac{1}{r}+\lambda^2\left[\left(\frac{3}{4}\cos 2\mathrm{H}+\frac{1}{4}\right)\frac{r^2}{a'^3}+\left(\frac{5}{8}\cos 3\mathrm{H}+\frac{3}{8}\cos\mathrm{H}\right)\frac{r^3}{a'^4}\right.$$
$$\left.+\left(\frac{35}{64}\cos 4\mathrm{H}+\frac{5}{16}\cos 2\mathrm{H}+\frac{9}{64}\right)\frac{r^4}{a'^5}+\ldots\right],$$

où le coefficient λ^2 contient en facteur la masse de Jupiter dont il exprime l'ordre de grandeur. Nous devons ensuite développer U suivant les multiples de l'angle $\theta-n'(t-t_0)$, projection de H sur le plan xOy, puis exprimer les dérivées partielles de U par rapport à r, θ, φ. Notre attention sera fixée sur les astéroïdes dont l'excentricité et l'inclinaison ne sont pas

(1) Séance du 27 février 1939.

plus importantes que le premier ordre de grandeur en λ, et nous les supposerons de cet ordre-là pour établir les équations différentielles des orbites. Les termes seront négligés à partir du quatrième ordre, ce qui revient à négliger le carré de la masse de Jupiter. Admettons, en outre, que la différence $\theta - nt$ est constante, en moyenne, à des quantités près du second ordre, ce qui est exact dans la théorie ordinaire des perturbations. L'élimination du temps donne alors les équations

$$(1) \qquad \frac{d^2\varpi}{d\theta^2} - \lambda^2 F(\theta)\frac{d\varpi}{d\theta} + [1 + \lambda^2 G(\theta)]\varpi = 0,$$

$$(2) \qquad \frac{d^2\xi}{d\theta^2} + \lambda^2 P(\theta)\frac{d\xi}{d\theta} + [1 - \lambda^2 Q(\theta)]\xi = -\frac{3}{2}\varpi^2 - \lambda^2 R(\theta) + \text{termes en } \lambda^3,$$

dans lesquelles $F(\theta)$ et $P(\theta)$ se présentent sous la forme

$$A_0 \sin 2\psi + (A_1 \sin 3\psi + B_1 \sin\psi) + (A_2 \sin 4\psi + B_2 \sin 2\psi) + \ldots,$$

tandis que $G(\theta)$, $Q(\theta)$ et $R(\theta)$ se présentent sous la forme

$$(K_0 \cos 2\psi + L_0) + (K_1 \cos 3\psi + L_1 \cos\psi) + (K_2 \cos 4\psi + L_2 \cos 2\psi + M_2) + \ldots,$$

les indices 0, 1, 2, ... correspondant respectivement aux termes en r^2, r^3, r^4, ... du potentiel U. L'inconnue ξ de l'équation (2) est une quantité du premier ordre ayant pour partie principale $au - 1$ (a, demi-grand axe osculateur), et nous avons posé

$$\psi = \theta - n'(t - t_0) = \left(1 - \frac{n'}{n}\right)\theta + \text{const.},$$

moyennant l'assimilation de $\theta - nt$ à une constante.

Or les équations différentielles (1) et (2), qui sont linéaires à coefficients périodiques, admettent des zones d'instabilité analogues à celles qui existent pour l'équation plus simple

$$\frac{d^2 f}{d\theta^2} + \left[D_0 + D_1 \cos\left(\frac{2\theta}{m} + m_1\right) + D_2 \cos\left(\frac{4\theta}{m} + m_2\right) + \ldots\right] f = 0,$$

au voisinage des valeurs entières de $m\sqrt{D_0}$ (2). Cela veut dire que si les coefficients constants de (1) et (2) sont pris dans certains domaines voisins des valeurs entières de $2/(1 - n'/n)$ (valeurs qui définissent les commensurabilités du premier et du second ordre entre n et n'), la solution générale

(2) Voir, par exemple, le cas de l'équation de Mathieu (*Math. Ann.*, 99, 1928, p. 625).

de chaque équation est de la forme

$$C_1 e^{k\lambda\theta}\Psi(\theta) + C_2 e^{-k\lambda\theta}\Psi(-\theta) + \text{termes en } \lambda^2 + \ldots$$

(Ψ périodique, de même période que $\cos\psi$; k réel), compte non tenu du second membre de (2). Mais une telle variation de ϖ et de ξ fait croître les modules des extrema de ces fonctions au delà de toute limite; elle est inconcevable. *L'assertion que* $\theta - nt$ *est constant, en moyenne, au second ordre près, assertion qui nous a conduit aux équations* (1) *et* (2), *est donc inexacte dans une série de domaines correspondant aux commensurabilités du premier et du second ordre entre* n *et* n'. *Dans chacun de ces domaines, les moyens mouvements des astéroïdes subissent de fortes oscillations s'étendant sur un certain nombre de révolutions et impossibles à préciser autrement que par des intégrations numériques;* n *reste beaucoup plus longtemps voisin de ses valeurs extrêmes que de sa valeur moyenne, d'où la lacune.*

Étant données les dimensions de l'anneau des astéroïdes, les commensurabilités 3/1, 2/1, 5/3, 3/2 *sont les seules dont on est en droit d'affirmer qu'elles peuvent produire des lacunes importantes.* Ces lacunes existent en fait et sont les plus marquées de l'anneau (la dernière est d'ailleurs prolongée par une région où les astéroïdes sont très clairsemés) ([3]). Quant aux autres commensurabilités simples, d'ordre supérieur à 2, on est seulement certain qu'elles donnent lieu, relativement à la distribution des moyens mouvements, à de petites irrégularités rentrant dans la catégorie commune des phénomènes de résonance non linéaires.

Il est possible, d'autre part, que certaines lacunes (celle, entre autres, qui correspond à la commensurabilité 5/2 et qui divise l'ensemble des astéroïdes en deux groupes assez bien caractérisés) soient dues à la répartition initiale des orbites, mais cette question ressort de la cosmogonie. Enfin nous n'avons pas tenu compte de l'excentricité de Jupiter, qui intervient peut-être dans les effets de commensurabilité; son action semble se manifester, notamment, quand le rapport de commensurabilité est égal à 7/3.

([3]) La présence de termes en $\lambda^2 \cos h\psi$ dans le second membre de (2) constitue une deuxième cause d'instabilité de ξ lorsque le rapport n/n' est voisin de $h/(h-1)$ (premier ordre de commensurabilité). Cf. *Bull. Astr.*, 2e série, 11, 1938, p. 97-99.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur une anomalie de la période solaire* 1923-1933. Note de M. **Henri Mémery.**

On sait que, dans les périodes solaires comptées d'un minimum au minimum suivant, les taches augmentent en nombre et en étendue pendant 3 à 5 ans, passent par un maximum qui dure 1 an ou 2, puis décroissent pendant 6 à 8 ans pour recommencer un autre cycle. La phase de croissance se montre toujours plus courte que la phase de décroissance. Cette particularité s'applique d'ailleurs à presque tous les phénomènes de la nature.

Or une seule période par siècle fait exception à cette règle générale; cette période solaire est celle qui, dans chaque siècle, s'étend du minimum de 23 à celui de 33 : 1923-1933, 1823-1833, 1723-1733. Le maximum a lieu en 1928-1929. (Les observations antérieures au xviiie siècle comportent trop de lacunes pour fixer d'une manière précise les dates des périodes solaires précédentes.)

Si l'on examine les valeurs annuelles des taches solaires de 1920 à 1935 par exemple, les deux minima de 1923 et 1933 et le maximum de 1928-1929 sont bien apparents.

Taches solaires.

(Superficie annuelle, en millionièmes de l'hémisphère solaire, d'après les relevés publiés par l'Observatoire de Greenwich.)

1920...	836	1924...	362	1928...	1880 } Max.	1932...	216
1921...	570	1925...	1095	1929...	1690 } Max.	1933...	124 min.
1922...	346	1926...	1657	1930...	706	1934...	141
1923...	73 min.	1927...	1421	1931...	377	1935...	807

(Les nombres relatifs de Wolf-Wolfer indiquent les mêmes variations.)

Chaque maximum d'une période solaire s'étend généralement sur deux années, le nombre des taches, facules et autres phénomènes de la surface du Soleil ne présentant pas de grandes différences lors des deux années du maximum.

Les nombres ci-dessus montrent qu'il existe un intervalle de 5 à 6 ans du minimum de 1923 au maximum de 1928-1929 (phase de croissance) et seulement de 4 à 5 ans du maximum de 1928-1929 au minimum suivant de 1933 (phase de diminution). C'est une exception remarquable à la règle générale énoncée plus haut.

Cette anomalie, qui ne s'observe qu'une fois par siècle et à la même époque d'un siècle à l'autre, confirmerait l'existence d'une période solaire de 100 ans que j'ai signalée précédemment, comprenant 9 périodes de 11,1 ans en moyenne.

On peut remarquer, à ce sujet, que les périodes solaires les plus courtes, c'est-à-dire d'une durée de 10 ans, sont plus nombreuses dans la première moitié de chaque siècle : 1913-1923; 1923-1933; 1933-(1943) ou 1833-1843. La période solaire la plus courte entre maxima se place de 1928-29 à 1937-38.

On ne trouve aucune période solaire de 10 ans entre minima dans la deuxième moitié du siècle dernier, au cours de laquelle les périodes solaires se présentent comme suit :

Périodes solaires entre minima...	1843-1856.	1856-1867.	1867-1878.	1878-1889.	1889-1901.
Durée en années...........	13	11	11	11	12

La période solaire du commencement du siècle actuel présente une durée de 12 ans, 1901-1913.

Une coïncidence curieuse doit être notée au point de vue météorologique : la deuxième moitié du siècle dernier renferme un plus grand nombre d'hivers rigoureux que la première moitié : 1894-95, 1890-91, 1879-80, 1870-71, 1854-55, contre 1829-30 et 1813-14.

La faible durée des époques correspondant aux diminutions d'activité des périodes solaires de courte durée paraît avoir pour effet de diminuer la durée et sans doute aussi l'intensité des époques de grands froids. Ces coïncidences pourraient justifier l'opinion courante d'après laquelle les saisons actuelles, notamment les hivers, n'ont pas la même intensité, ni la même régularité qu'autrefois.

GÉODÉSIE. — *Nouvelles mesures de l'intensité de la pesanteur dans les Départements d'Alger et de Constantine.* Note de M. **Jean Lagrula**, présentée par M. Georges Perrier.

Les résultats présentés dans le tableau ci-contre, obtenus au moyen du pendule Holweck-Lejay 42 *bis*, sont répartis en trois groupes : 15 stations, situées sur les Hauts-Plateaux, furent occupées en juin 1938; 16 stations, situées dans le Département de Constantine, le furent à l'aller et au retour

Les notations sont celles adoptées par l'Association internationale de Géodésie.

Station.	Date.	Longitude (E. de Greenw.).	Latitude.	Altitude.	Densité.	g.	g_0.	g''_0.	Formule de Helmert (1901). γ_0.	$g_0-\gamma_0$.	$g''_0-\gamma_0$.	Formule internationale (1930). γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.
	1938	°	° ′	mètres		gals	gals	gals	gals	mgals	mgals	gals	mgals	mgals
Beni-Mered........	9 juin	2.51,8	36.31,5	140	2,3	979,866	979,909	979,896	979,861	+ 48	+ 35	979,876	+ 33	+20
De Foucault.......	10 »	1.58,3	35.24,6	830	2,4	979,558	979,815	979,731	979,765	+ 50	— 34	979,780	+ 35	—49
Chellala...........	10 »	2.19,0	35.12,7	872	2,5	979,556	979,826	970,734	979,748	+ 78	— 14	979,763	+ 63	—29
Chegag............	11 »	2.25,5	34.41,8	880	2,5	979,474	979,746	979,654	979,704	+ 42	— 50	979,720	+ 26	—66
Aflou..............	12 »	2. 6,1	34. 7,0	1405	2,5	979,304	979,738	979,590	979,655	+ 83	— 65	979,671	+ 67	—81
Hassian-ed-Dib.....	12 »	1.49,8	34.28,1	1180	2,5	979,399	979,763	979,639	979,685	+ 78	— 46	979,701	+ 62	—62
El-Ousseukr.......	12 »	1.32,8	34.51,0	1134	2,5	979,469	979,819	979,700	979,717	+102	— 17	979,733	+ 86	—33
Zenina............	13 »	2.31,8	34.27,0	1091	2,5	979,398	979,734	979,620	979,683	+ 51	— 63	979,699	+ 35	—79
El-Hamman........	13 »	2.51,0	34.39,6	1042	2,5	979,424	979,745	979,636	979,701	+ 44	— 65	979,717	+ 28	—81
Hassi-Bahbah......	14 »	3. 1,9	35. 4,0	891	2,5	979,512	979,787	979,694	979,735	+ 52	— 41	979,751	+ 36	—57
Aïn-Ouessera......	14 »	2.54,6	35.26,8	690	2,5	979,590	979,802	979,730	979,769	+ 33	— 39	979,784	+ 18	—54
Slim..............	15 »	3.44,2	34.53,7	1120	2,5	979,451	979,797	979,684	979,721	+ 76	— 37	979,737	+ 60	—53
Bou-Saâda.........	15 »	4.10,9	35.12,9	620	2,5	979,607	979,798	979,733	979,748	+ 50	— 15	979,764	+ 34	—31
Aïn-Hadjel.........	16 »	3.53,1	35.40,2	570	2,4	979,627	979,803	979,746	979,787	+ 16	— 41	979,802	+ 1	—56
Tablat............	16 »	3.18,8	36.24,7	460	2,5	979,769	979,911	979,863	979,851	+ 60	+ 12	979,866	+ 45	— 3
Djidjelli..........	30 oct.	5.46,3	36.46,5	11	2,4	979,980	979,983	979,982	979,883	+100	+ 99	979,898	+ 85	+84
Collo.............	31 »	6.34,3	37. 0,4	10	2,7	979,997	980,000	979,999	979,903	+ 97	+ 96	979,918	+ 82	+81
Philippeville.......	31 »	6.54,5	36.53,0	9	2,5	979,955	979,958	979,957	979,891	+ 67	+ 66	979,906	+ 52	+51
Col-des-Oliviers....	1er nov.	6.45,1	36.35,9	417	2,5	979,805	979,934	979,890	979,867	+ 67	+ 23	979,882	+ 52	+ 8
Oued-Zenati.......	2 »	7.10,2	36.19,1	622	2,5	979,716	979,908	979,843	979,843	+ 65	0	979,858	+ 50	—15
Guelma............	3 nov.	7.25,9	36.27,9	270	2,5	979,797	979,880	979,852	979,856	+ 24	— 4	979,871	+ 9	—19
Aïn-Mokra........	3 »	7.27,3	36.50,2	31	2,6	979,936	979,945	979,942	979,888	+ 57	+ 54	979,903	+ 42	+39
Bône..............	4 »	7.46,0	36.53,8	2	2,6	979,956	979,957	979,956	979,893	+ 64	+ 63	979,908	+ 49	+48
Blandan...........	5 »	8.12,3	36.47,4	17	2,4	979,914	979,919	979,917	979,885	+ 34	+ 32	979,900	+ 19	+17
	1939													
Souk-Ahras........	12 janv.	7.59,1	36.17,1	672	2,6	979,713	979,920	979,847	979,840	+ 80	+ 7	979,855	+ 65	— 8
Clairefontaine.....	13 »	7.53,5	35.52,1	655	2,5	979,665	979,867	979,798	979,805	+ 62	— 7	979,820	+ 47	—22
Tebessa...........	13 »	8. 7,5	35.24,1	878	2,5	979,560	979,831	979,739	979,765	+ 66	— 26	979,780	+ 51	—41
La Meskiana.......	14 »	7.39,9	35.38,1	844	2,5	979,598	979,859	979,770	979,784	+ 75	— 14	979,799	+ 60	—29
Sedrata...........	14 »	7.31,9	36. 8,1	800	2,5	979,654	979,901	979,817	979,826	+ 75	— 9	979,841	+ 60	—24
Khenchala.........	15 »	7. 9,0	35.25,9	1125	2,5	979,516	979,864	979,746	979,767	+ 97	— 21	979,782	+ 82	—36
Canrobert.........	15 »	7. 7,0	35.52,5	979	2,5	979,603	979,890	979,792	979,805	+ 85	— 13	979,820	+ 70	—28
	1933													
Mechtat...........	23 sept.	6. 6,0	36.51,7	19	2,4	979,998	980,004	980,002	979,890	+114	+112	979,905	+ 99	+97
Hellalah...........	25 »	6.23,2	37. 3,0	670	2,7	979,845	980,051	979,975	979,906	+145	+ 69	979,921	+130	+54
Herbillon..........	26 »	7.22,9	37. 3,9	16	2,7	980,015	980,020	980,018	979,908	+112	+110	979,923	+ 97	+95
Gastu..............	27 »	7.19,3	36.42,1	68	2,5	979,907	979,928	979,921	979,876	+ 52	+ 45	979,891	+ 37	+30
Oued-el-Aneb.....	27 »	7.29,7	36.52,8	58	2,6	979,930	979,947	979,941	979,891	+ 56	+ 50	979,906	+ 41	+35
Duvivier...........	28 »	7.43,4	36.29,4	95	2,5	979,836	979,865	979,855	979,858	+ 7	— 3	979,873	— 8	—18

d'une campagne en Tunisie qui fera l'objet d'une autre communication; enfin, 6 résultats proviennent du sauvetage d'une campagne effectuée, en 1933, avec un pendule dont la variation instrumentale était trop forte. En occupant à nouveau, en 1936, 1938 et 1939 un certain nombre des stations 1933, j'ai pu établir que la campagne à sauver pouvait être divisée en deux parties nettement distinctes; la première, durant laquelle on voit la variation instrumentale demeurer linéaire, bien qu'importante, permet une sûre interpolation des résultats, d'où les 6 stations récupérées de Mechtat, Hellalah, Herbillon, Gastu, Oued-el-Aneb et Duvivier; la seconde présente des variations plus complexes, et il vaut mieux n'en tenir aucun compte.

Ces mesures mettent en évidence une zone d'anomalies insuffisamment négatives sur les Hauts-Plateaux : les stations de Chellala (— 29) et El Ousseukr (— 33) sont en effet entourées d'anomalies comprises entre — 49 et — 66. Cette particularité, qui mériterait l'exécution d'un réseau plus serré, semble être en corrélation avec la présence de terrains jurassiques.

Au Nord de cette région, la station de Vialar présente une anomalie fortement négative. A Bou-Saâda, au contraire, nous trouvons de nouveau une anomalie insuffisamment négative, mais l'allure imposée aux courbes isanomales par la zone [Chellala-El Ousseukr] permet de l'expliquer.

Enfin, signalons au Sud du Département de Constantine une anomalie fortement positive, qu'il reste à discuter.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la téléphonie en haute fréquence le long des lignes de transport d'énergie triphasées.* Note [1] de M. **Fernand Carbenay**, présentée par M. Camille Gutton.

Considérons une ligne de transport triphasée, uniforme, dont la phase I sert à la transmission téléphonique; les phases II et III sont identiques, symétriquement disposées, reliées à des impédances égales et forment un groupe assimilable à une ligne uniforme équivalente (2) dont l'extrémité ($x = 0$) est reliée à la terre par une impédance z_{20} pour la fréquence de transmission ($\omega/2\pi$).

---

[1] Séance du 27 février 1939.

Faisons $n = 2$ dans les équations de notre Note (²) précédente

$$A_1 = a_1\alpha_1 + b_1\alpha_2, \qquad A_2 = a_2\alpha_1 + b_2\alpha_2,$$
$$B_1 = a_1\beta_1 + b_1\beta_2, \qquad B_2 = a_2\beta_1 + b_2\beta_2,$$

et posons, pour la phase I,

$$R = R_1 + \rho_1, \qquad G = G_1 + g_{\frac{1}{2}}, \qquad L = L_1 + l_1, \qquad C = C_1 + \gamma_{\frac{1}{2}},$$

et pour la ligne (2) équivalente au groupe des phases II et III,

$$\mathcal{R} = R_2 + \rho_2, \qquad \mathcal{G} = G_2 + g_{\frac{2}{1}}, \qquad \mathcal{L} = L_2 + l_2, \qquad \mathcal{C} = C_2 + \gamma_{\frac{2}{1}},$$

avec

$$M = M_{\frac{1}{2}} = M_{\frac{2}{1}}, \qquad \gamma = \gamma_{\frac{1}{2}} = \gamma_{\frac{2}{1}}, \qquad \rho = \rho_{\frac{1}{2}} = \rho_{\frac{2}{1}}, \qquad g = g_{\frac{1}{2}} = g_{\frac{2}{1}},$$
$$a_1 = R + jL\omega, \qquad a_2 = \rho + jM\omega = b_1,$$
$$b_1 = \rho + jM\omega, \qquad b_2 = \mathcal{R} + j\mathcal{L}\omega,$$
$$\alpha_1 = G + jC\omega, \qquad \alpha_2 = -(g + j\gamma\omega) = \beta_1,$$
$$\beta_1 = -(g + j\gamma\omega), \qquad \beta_2 = \mathcal{G} + j\mathcal{C}\omega.$$

Les différences de potentiel, par rapport à la terre, et l'intensité des courants le long de chaque phase sont, en désignant par P_1, Q_1, P_2 et Q_2 quatre constantes complexes (à déterminer par les conditions aux limites),

$$U_1 = P_1 e^{r_1 x} + Q_1 e^{-r_1 x} + P_2 e^{r_2 x} + Q_2 e^{-r_2 x}) \qquad \text{(phase I)},$$
$$U_2 = \sigma_1 (P_1 e^{r_1 x} + Q_1 e^{-r_1 x}) + \sigma_2 (P_2 e^{r_2 x} + Q_2 e^{-r_2 x}) \qquad \text{(phases II ou III)},$$
$$I_1 = h_1 (P_1 e^{r_1 x} - Q_1 e^{-r_1 x}) + h_2 (P_2 e^{r_2 x} - Q_2 e^{-r_2 x}) \qquad \text{(phase I)},$$
$$I_2 = k_1 (P_1 e^{r_1 x} - Q_1 e^{-r_1 x}) + k_2 (P_2 e^{r_2 x} - Q_2 e^{-r_2 x}) \qquad \text{(phases II et III)},$$

$$2r_1^2 = A_1 + B_2 + \sqrt{(A_1 - B_2)^2 + 4A_2B_1}, \qquad 2r_2^2 = A_1 + B_2 - \sqrt{(A_1 - B_2)^2 + 4A_2B_1},$$

$$\sigma_1 = \frac{r_1^2 - A_1}{B_1}, \qquad h_1 = \frac{b_1\sigma_1 - b_2}{a_1 b_2 - b_1^2} r_1, \qquad k_1 = \frac{b_1 - a_1\sigma_1}{a_1 b_2 - b_1^2} r_1,$$

$$\sigma_2 = \frac{r_2^2 - A_1}{B_1}, \qquad h_2 = \frac{b_1\sigma_2 - b_2}{a_1 b_2 - b_1^2} r_2, \qquad k_2 = \frac{b_1 - a_1\sigma_2}{a_1 b_2 - b_1^2} r_2.$$

Les constantes de propagation des deux couples d'ondes, se propageant le long de chaque phase, ont pour expression

$$r_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[\frac{u' - \dfrac{v' + w'}{2\sqrt{v + w}}}{2\sqrt{u - \sqrt{v + w}}} + j\sqrt{u - \sqrt{v + w}} \right],$$

$$r_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[\frac{u' + \dfrac{v' + w'}{2\sqrt{v + w}}}{2\sqrt{u + \sqrt{v + w}}} + j\sqrt{u + \sqrt{v + w}} \right],$$

(²) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 565.

où les termes réels et imaginaires représentent respectivement les constantes d'affaiblissement et les constantes de longueur d'onde.

$$-u = \mathrm{RG} + \mathcal{R}\mathcal{G} - 2\rho g - (\mathrm{LC} + \mathcal{L}\mathcal{C} - 2\mathrm{M}\gamma)\omega^2,$$

$$u' = (\mathrm{LG} + \mathcal{L}\mathcal{G} + \mathrm{CR} + \mathcal{C}\mathcal{R} - 2\mathrm{M}g - 2\gamma\rho)\omega,$$

$$v = [\mathrm{RG} - \mathcal{R}\mathcal{G} - (\mathrm{LC} - \mathcal{L}\mathcal{C})\omega^2]^2 - (\mathrm{LG} - \mathcal{L}\mathcal{G} + \mathrm{CR} - \mathcal{C}\mathcal{R})^2\omega^2.$$

$$-v' = 2(\mathrm{LG} - \mathcal{L}\mathcal{G} + \mathrm{CR} - \mathcal{C}\mathcal{R})[\mathrm{RG} - \mathcal{R}\mathcal{G} - (\mathrm{LC} - \mathcal{L}\mathcal{C})\omega^2]\omega,$$

$$\begin{aligned} w = {} & 4[(\mathrm{R}\mathcal{R} - \mathrm{L}\mathcal{L}\omega^2)(g^2 - \gamma^2\omega^2) + (\mathrm{G}\mathcal{G} - \mathrm{C}\mathcal{C}\omega^2)(\rho^2 - \mathrm{M}^2\omega^2)] \\ & - 8[(\mathrm{L}\mathcal{R} + \mathcal{L}\mathrm{R})g\gamma + (\mathrm{G}\mathcal{C} + \mathcal{G}\mathrm{C})\rho\mathrm{M}]\omega^2 \\ & - 4[(\rho\mathcal{G} - \mathrm{M}\mathcal{C}\omega^2)(\mathcal{R}g - \mathcal{L}\gamma\omega^2) + (\rho\mathrm{G} - \mathrm{MC}\omega^2)(\mathrm{R}g - \mathrm{L}\gamma\omega^2)] \\ & + 4[(\mathrm{M}\mathcal{G} + \mathcal{C}\rho)(\mathcal{L}g + \gamma\mathcal{R}) + (\mathrm{MG} + \mathrm{C}\rho)(\mathrm{L}g + \gamma\mathrm{R})]\omega^2, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -w' = {} & 4[(\mathrm{R}\mathcal{R} - \mathrm{L}\mathcal{L}\omega^2)2g\gamma + (\mathrm{L}\mathcal{R} + \mathcal{L}\mathrm{R})(g^2 - \gamma^2\omega^2) - (\rho\mathcal{G} - \mathrm{M}\mathcal{C}\omega^2)(\mathcal{L}g + \gamma\mathcal{R}) \\ & - (\mathrm{M}\mathcal{G} + \mathcal{C}\rho)(\mathcal{R}g - \mathcal{L}\gamma\omega^2) - (\rho\mathrm{G} - \mathrm{MC}\omega^2)(\mathrm{L}g + \gamma\mathrm{R}) \\ & - (\mathrm{MG} + \mathrm{C}\rho)(\mathrm{R}g - \mathrm{L}\gamma\omega^2) + (\mathrm{G}\mathcal{G} - \mathrm{C}\mathcal{C}\omega^2)2\rho\mathrm{M} + (\mathrm{G}\mathcal{C} + \mathcal{G}\mathrm{C})(\rho^2 - \mathrm{M}^2\omega^2)]\omega. \end{aligned}$$

Lorsque la ligne triphasée est suffisamment longue pour rendre négligeables les termes en $\mathrm{P}_1 e^{r_1 x}$ et $\mathrm{Q}_1 e^{r_2 x}$, l'*impédance à l'émission* est, pour la phase utilisée en haute fréquence,

$$(\mathcal{Z}_1)_{x=0} = -\frac{\sigma_2 - \sigma_1 + (k_1 - k_2)z_{20}}{h_1\sigma_2 - h_2\sigma_1 + (k_1 h_2 - k_2 h_1)z_{20}}.$$

Si les phases II et III sont isolées (z_{20} infini) ou en court-circuit (z_{20} nul), $(\mathcal{Z}_1)_{x=0}$ a pour valeur, respectivement

$$-\frac{k_1 - k_2}{k_1 h_2 - k_2 h_1} \quad \text{ou} \quad -\frac{\sigma_2 - \sigma_1}{h_1\sigma_2 - h_2\sigma_1}.$$

MAGNÉTISME. — *Paramagnétisme constant du cérium tétravalent et d'autres ions ayant même nombre d'électrons que les gaz rares.* Note de M. **Gabriel Foëx**, transmise par M. Pierre Weiss.

Les sept premiers éléments de la famille du fer peuvent former des combinaisons dans lesquelles leur valence est égale au nombre total de leurs électrons $3d$ et $4s$. Les ions qui en résultent possèdent la même configuration extérieure que l'argon, tout au moins s'ils ne font pas partie d'une combinaison complexe.

Les trois premiers de ces ions (K^+, Ca^{++}, Sc^{+++}) sont diamagnétiques.

Il est bien connu que les suivants possèdent, au contraire, un paramagnétisme faible, indépendant de la température et croissant avec la charge de l'ion.

Ce paramagnétisme est entièrement inexpliqué; il est utile de rassembler et de compléter les données que l'on possède à son sujet.

Les susceptibilités atomiques de quelques-uns de ces ions sont rassemblées dans le tableau ci-dessous; elles sont corrigées du diamagnétisme du reste de la molécule.

Substance.....	TiO^2.	$TiCl^4$.	V^2O^5.	VO^3Na.	CrO^3.	$Cr^2O^7K^2$.	MnO^4K.
$\chi_a \cdot 10^6$.........	+15 (1)	+26 (2)	+44 (3)	+42 (3)	+60 (4)	+63 (4)	+57 (4)

Le paramagnétisme de $Cr^2O^7K^2$ et de MnO^4K se conserve en solution (4). L'exemple de $TiCl^4$ montre qu'il ne s'agit pas d'une propriété spéciale des oxydes ou des anions complexes. Les homologues supérieurs des ions précédents, dont la structure est celle de l'un des homologues de l'argon, en fournissent une nouvelle preuve :

Substance.......	MoF^6.	WF^6.	WCl^5.	Re^2O^7.	UO^{2++}.	UF^6.
$\chi_a \cdot 10^6$.........	+10 (5)	−4 (5)	+40 (6)	+90 (7)	+75 (8)	+80 (5)

Dans la famille des terres rares le lanthane trivalent est diamagnétique comme le scandium trivalent dans la famille du fer.

Le paramagnétisme du cérium tétravalent demandait à être confirmé, étant donné le désaccord des résultats publiés à son sujet :

Substance.....	CeO^2.	$Ce(SO^4)^2$.	CeO^2.	CeO^2.	CeO^2.
$\chi_M \cdot 10^6$.........	+16 (9)	+37 (9)	+22 (10)	−14 (11)	−7 (11)

Les divergences tiennent probablement à de petites quantités de néodyme.

J'ai étudié un sulfate cérique, préparé à partir d'un oxyde mis à ma disposition par M. F. Trombe. Les mesures ont été faites dans une atmosphère d'hydrogène à la température ordinaire et à celle de l'air liquide.

(1) Ray Chandhuri et Sengupta, *Indian Journ. Phys.*, **19**, 1936, p. 245.
(2) Vaidhyanathan et Singh, *Indian Journ. Phys.*, **7**, 1932, p. 19.
(3) Perakis, *Journ. Phys. et Radium*, **8**, 1927, p. 473.
(4) Paule Collet, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1057; **183**, 1926, p. 1031 et mesures inédites.
(5) Henkel et Klemm, *Zeits. anorg. Chem.*, **222**, 1935, p. 70.
(6) Klemm et Steinberg, *Zeits. anorg. Chem.*, **227**, 1936, p. 193.
(7) Schuth et Klemm, *Zeits. anorg. Chem.*, **220**, 1934, p. 193.
(8) Nicolau, *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 654.
(9) Hausknecht, *Thèse*, Strasbourg, 1914, p. 22.
(10) A. Serres, *Journ. Phys. et Radium*, **6**, 1935, p. 339.
(11) Klemm, Meisel et Vogel, *Zeits. anorg. Chem.*, **190**, 1930, p. 123.

Les variations thermiques de la susceptibilité permettent de déceler les dernières traces d'impuretés à paramagnétisme variable et d'éliminer les erreurs dues à leur présence ([12]).

La susceptibilité moléculaire trouvée pour $Ce(SO^4)^2 4H^2O$, corrigée du paramagnétisme parasite, a pour valeur

$$\chi_M = -97.10^{-6}.$$

En admettant $(SO^4)^2$ et pour H^2O les diamagnétismes -67 et -13, il reste pour l'ion cérique

$$\chi_a = +22.10^{-6}.$$

L'ion cérique possède donc le même paramagnétisme faible et d'origine inconnue que les ions de la famille du fer, ayant comme lui une configuration de gaz rare.

SPECTROSCOPIE. — *Absorption de l'acroléine dans le spectre infrarouge.* Note de MM. **Pierre Lambert** et **Jean Lecomte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons utilisé nos dispositifs habituels pour obtenir, entre 500 et 1400 cm^{-1} environ, le spectre d'absorption de l'acroléine à l'état de vapeur ([1]). Suivant la région étudiée, un tube de $9^{cm},5$ ou de 2^{cm} de longueur, fermé par des lamelles en sel gemme ou en bromure de potassium, contenait de l'acroléine sous forme de vapeur saturante à la température ordinaire. Malgré la faible quantité de substance qui se trouve ainsi sur le trajet des radiations, nous avons obtenu un spectre très net, avec des absorptions qui atteignent 80 pour 100. Les principaux maxima se trouvent à

λ......	13,76 (f)	10,88 (TF)	10,43 (aF)	8,89 (F)	7,30 (aF)	μ
ν......	727	919	957	1124	1369	cm^{-1}

La bande de $8^{\mu},89$ (1124 cm^{-1}) est particulièrement fine dans les conditions de l'expérience, ce qui indique l'absence de polymérisation.

D'autre part, un gel d'acroléine, obtenu par polymérisation, nous a

---

([12]) D'après les mesures magnétiques, le sel que j'ai étudié contenait moins de 3/1000e de son poids de sulfate de néodyme.

([1]) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 155; 196, 1933, p. 1011.

fourni, sous une épaisseur de $0^{mm},01$ environ et entre 700 et 1400 cm^{-1}, un spectre rappelant celui de la vapeur, mais dans lequel les trois bandes de 919, 957 et 1124 cm^{-1} sont remplacées par une seule bande très large et très intense, dans laquelle on distingue assez mal plusieurs maxima partiels. Cette expérience suggère la possibilité de suivre, au moyen du spectre infrarouge, la polymérisation de l'acroléine. Nous rappelons, à ce propos, que, pendant la durée nécessaire de l'enregistrement du spectre, une demi-heure environ, nous n'avons jamais constaté d'effet photochimique sur les composés étudiés, ce qui nous a permis de suivre, par exemple, la polymérisation du cyclopentadiène ([2]).

Interprétation des résultats. — Le spectre Raman de l'acroléine liquide a été relevé par Bourguel et Piaux ([3]), qui donnent les raies

315 (f), 570 (bm), 1160 (baF), 1278 (m), 1364 (TF), 1426 (f), 1618 (F), 1692 (bl TF) cm^{-1}.

Sauf la raie 1364, aucune de ces fréquences ne se retrouve dans nos résultats.

D'après la théorie cependant, toutes les vibrations de la molécule d'acroléine sont actives, à la fois, dans l'absorption et dans la diffusion. Suivant nos déterminations personnelles sur d'autres substances organiques, le passage de l'état liquide à l'état de vapeur ne saurait pas, à lui seul, expliquer cette divergence. Elle proviendrait principalement, à notre avis, de ce que, sous l'influence des radiations ultraviolettes utilisées pour l'excitation des raies Raman, l'acroléine se polymérise rapidement, ce qui se traduit par le trouble constaté par Bourguel et Piaux et par la présence de bandes larges dans le spectre de diffusion.

Pour essayer d'expliquer l'apparition des bandes que nous avons mesurées, nous commencerons par comparer le spectre infrarouge de l'acroléine, d'après les résultats de différents auteurs, avec les spectres infrarouge et Raman de composés de la forme $(CH^2)=(CH)-X$ (X représentant CH^3, Cl, Br, I etc.). On constate ainsi que la fréquence 727 cm^{-1} se retrouve très déplacée vers les basses fréquences à mesure que le poids du substituant augmente, ce qui permet de la regarder comme une fréquence caractéristique de la liaison C — X. Le modèle simplifié à *trois masses*, que nous venons de considérer, possède encore deux autres fréquences fonda-

([2]) *Ann. de Phys.*, 11e série, **10**, 1938, p. 542.
([3]) *Bull. Soc. Chimique*, 5e série, **2**, 1935, p. 1958.

mentales, l'une qui est à chercher vers 400-425 cm^{-1} (vibration de déformation) et l'autre qui se place vers 1600 cm^{-1} ($C=C$).

Mais cette conception simplifiée laisse, ainsi qu'on pouvait le prévoir, plusieurs bandes sans les expliquer. Ainsi la fréquence 919 cm^{-1}, qui reste sensiblement constante, lorsque l'on fait varier le substituant X, ne peut être interprétée qu'en revenant au modèle moléculaire normal de l'acroléine. Il en est de même de la bande de 1369 cm^{-1}, peut-être double, qui se rattache à une déformation de la molécule dans laquelle les atomes d'hydrogène jouent un rôle prépondérant $\delta(CH)$. Actuellement, il serait hasardeux de pousser plus loin l'identification des fréquences observées avec des modes de vibration déterminés de la molécule d'acroléine, et la comparaison avec les résultats bien établis pour l'éthylène (en considérant le groupement COH comme une masse unique) ne conduit pas à une plus grande certitude.

La comparaison du spectre de l'acroléine avec ceux des dérivés vinylés indique que la bande de 1124 cm^{-1} est probablement à relier avec la présence de la fonction aldéhyde, car elle n'existe que pour l'acroléine. Cette conclusion est en accord avec l'absorption infrarouge des aldéhydes saturés.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la cassure des noyaux d'éléments plus légers que l'uranium, sous le bombardement des neutrons.* Note [1] de M. **Claude Magnan**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Les expériences de O. Hahn et F. Strassmann [2] et de F. Joliot [3] ont montré récemment la cassure du noyau d'uranium sous l'action des neutrons en baryum et en un autre noyau de numéro atomique complémentaire.

Utilisant le générateur de neutrons du Laboratoire des rayons X, j'ai trouvé, en irradiant de l'uranium pendant 2 heures et en utilisant la méthode des dépôts actifs employée par F. Joliot, trois périodes pour la cassure de l'uranium, à savoir 45 sec., 18 min., 55 min.

Des essais faits par la même méthode, sur l'or, le bismuth et le mercure indiquaient deux périodes de 22 sec. et de l'ordre de 2 min. pour l'or, mais ce résultat était douteux à cause du peu d'intensité de l'activité.

---

(1) Séance du 27 février 1939.
(2) *Naturwiss.*, 27, 1939, p. 11.
(3) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 341.

J'ai préféré, afin de lever le doute possible sur l'origine de cette activité, employer la chambre d'ionisation à amplificateur proportionnel, réalisée il y a quelques années par Maurice de Broglie et Louis Leprince-Ringuet [4].

Cette méthode déjà utilisée par O. R. Frisch [5] pour l'étude de l'uranium, montre le grand pouvoir ionisant des fragments de noyaux, 3.10^6 paires d'ions, ce qui permet de ne confondre ce phénomène avec aucune des causes possibles d'ionisation, comme les particules α ou les protons.

J'ai d'abord appliqué cette méthode à l'uranium, comme O. R. Frisch, afin de trouver le rendement du dispositif. Avec une chambre d'ionisation de 10^{mm} de diamètre et de 50^{mm} de haut, placée à 6^{cm} de la cible de lithium, émettrice de neutrons, on obtient 20 noyaux de recul par minute, avec des énergies comprises entre 49 MeV et 98 MeV. La chambre est à air et de petites dimensions pour éviter l'effet parasite trop grand dû aux particules α de UII.

Pour les corps de masses atomiques plus faibles que celle de l'uranium que j'ai successivement étudiés, j'ai préféré, pour augmenter le rendement, utiliser une chambre de 33^{mm} de diamètre et de 50^{mm} de haut.

J'ai trouvé, toujours avec une puissance en neutrons équivalente à 20^{gr} de Be + Rn, des résultats négatifs pour : bismuth, tantale, tellure, cadmium, argent, palladium, molybdène, zirconium, strontium.

Par contre un effet positif fut trouvé pour l'or, le tungstène, le titane.

Pour l'or et le tungstène, la courbe des *packing fractions*, qui se trouve montante et linéaire, permet d'envisager la réalité de ce phénomène. Il n'en est plus de même pour le titane, dont le *packing fraction* se trouve à la limite de la partie descendante de la courbe pour les éléments légers et de la partie minimum, assez confuse, de cette courbe.

Les énergies des noyaux de recul de ces éléments sont égales à 25 MeV, pour le tungstène et le titane et comprises entre 40 MeV et 67 MeV pour l'or.

Chacun de ces corps fut observé pendant 15 min. et l'expérience répétée.

Pour l'or, on observe 1 noyau par 2 min.; pour le tungstène et le titane, on observe 1 noyau toutes les 2 ou 3 min. en moyenne.

---

(4) *Bull. Soc. fr. de Physique*, séance du 15 avril 1932.

(5) *Nature*, **143**, 1939, p. 276.

Pour écarter les effets parasites dus à la présence de la haute tension du générateur, j'ai opéré, en remplaçant le corps irradié par un manchon de paraffine. L'essai fut négatif.

Pour écarter des impulsions parasites de l'amplificateur, l'observation fut faite, le générateur étant arrêté, et fut aussi négative.

Sauf pour l'or, où le résultat fut incertain, il n'a pas été possible de constater la présence d'une activité, par dépôt actif, car le phénomène est trop faible. A plus forte raison aucun entraînement chimique n'a pu être tenté pour identification.

CHIMIE NUCLÉAIRE. — *Sur la rupture des noyaux d'uranium sous l'action des neutrons et la libération d'énergie qui en résulte.* Note de MM. **Jean Thibaud** et **André Moussa**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Nous sommes en mesure d'apporter les précisions suivantes à nos précédentes déterminations expérimentales montrant la rupture de l'uranium en noyaux de poids atomiques voisins de 90 à 150 [1].

A. Détection des noyaux de rupture fortement ionisants, l'uranium étant introduit dans la chambre d'ionisation à amplification linéaire :

a. Distribution des énergies de recul. — Dans la statistique des énergies entre les différentes impulsions enregistrées à l'oscillographe, on note une décroissance très rapide depuis les énergies les plus petites, de l'ordre de 10 à 15 MeV, jusqu'à celles représentant la limite supérieure : cette distribution correspond aux émissions dans les différentes directions et aux pertes d'énergie variables pour les noyaux de recul produits en profondeur dans la préparation d'uranium.

Des impulsions assez nombreuses encore correspondent à une énergie des noyaux de recul de 65 MeV. Cette valeur paraît la limite supérieure de l'énergie de chacune des particules produites (s'il existe des énergies plus grandes, celles-ci seraient très rares) : la libération de l'énergie lors de la cassure serait ainsi supérieure à $2 \times 65 = 130$ MeV, valeur en accord avec les pertes de masse résultant de la rupture en éléments moyens.

b. Portée R *des noyaux de recul dans l'aluminium.* — Les noyaux traversent sans difficulté $0^{\mu},48$. Avec $3^{\mu},4$, il ne reste que 8 pour 100 de particules ayant une énergie supérieure à 10 MeV. Ce nombre tomberait

---

[1] J. Thibaud et A. Moussa, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 652.

à 2 pour 100 pour $4^{\mu},35$. La portée limite dans l'aluminium serait de 5^{μ}. Ce résultat, comparé aux portées des particules α ($R = M/z^2 R_{\alpha}$), nous indique que le noyau de recul porte, en moyenne, une quinzaine de charges positives : chacun des noyaux conserverait avec lui, au moment de l'explosion, une vingtaine d'électrons (charge positive résiduelle 30) et réduirait progressivement sa charge positive jusqu'à quelques unités, le long du parcours, par capture d'électrons.

c. Section effective de rupture de l'uranium. — Connaissant l'ordre de grandeur de la portée des noyaux de rupture observables dans une préparation d'uranium et le nombre de ruptures observées par seconde, on peut calculer la section efficace pour la rupture du noyau d'uranium comme étant, au plus, $\sigma = 10^{-25}\mathrm{cm}^2$ (2), valeur qui correspond à un processus de résonance sous l'action des neutrons *rapides*. Ceci permet de calculer la largeur du niveau de résonance qui intervient dans le processus de rupture.

d. Influence des neutrons lents. — Entre la chambre d'ionisation renfermant l'uranium et la source de neutrons recouverte de paraffine, on dispose deux écrans, l'un de cadmium, l'autre contenant suffisamment de bore pour que tous les neutrons lents d'une énergie inférieure à 100 volts soient pratiquement arrêtés. Aucune modification sur la distribution des énergies de recul n'est ainsi observée par rapport à l'expérience de contrôle, en l'absence d'absorbants neutroniques.

Une autre expérience corrobore ce résultat : de l'oxyde d'urane irradié par les neutrons rapides, sans paraffine et à l'abri (écrans Cd + B) des neutrons lents, est traité de la manière décrite (1) : le précipité AgBr obtenu montre une activité peu inférieure à celui obtenu à partir d'uranium irradié en présence de paraffine.

Ainsi les neutrons d'énergie supérieure à 100 volts (ou peut-être les rayons gamma) joueraient un rôle important dans le processus de rupture de l'uranium.

Il semble qu'il faille ainsi fournir une énergie assez considérable pour obtenir la cassure : le noyau d'uranium se trouverait assez éloigné de la rupture spontanée.

e. Des préparations d'autres éléments lourds, Bi, Pb, Tl, Ta, W, Mo, sont placées dans la chambre d'ionisation, dans les mêmes conditions que l'uranium, et irradiées par les neutrons en présence de paraffine : si ces

(2) En accord avec la section efficace donnée par F. Joliot (*Comptes rendus*, 208, 1939, p. 341).

éléments présentaient le phénomène de cassure, la probabilité en serait plus de 250 fois plus faible que dans le cas de l'uranium.

B. L'identification d'un radioélément ayant les propriétés chimiques d'un halogène et pouvant résulter de la cassure de l'uranium irradié a été poursuivie par les expériences suivantes :

1° Le radioélément a été isolé, *a*. par distillation de l'acide bromhydrique à partir de l'uranium irradié additionné de bromure et d'acide phosphorique, donc en milieu non oxydant ne permettant pas la distillation d'anhydrides métalliques; *b*. par précipitation, dans l'uranium irradié, de l'uranate de sodium par la soude, puis dans le filtrat, précipitation de S^2Pt en milieu acide, ces deux opérations éliminant tous les éléments à hydroxydes ou sulfures insolubles.

Le bromure d'argent précipité dans le distillat de l'opération *a*, aussi bien que dans le filtrat de l'opération *b*, montre une activité analogue à celle signalée précédemment (¹) (distillation du brome).

2° En vue de préciser la nature de cet halogène, nous avons effectué des précipitations fractionnées de bromure d'argent : s'il se formait de l'iodure d'argent, celui-ci se concentrerait fortement dans les premières portions précipitées. Or l'activité semble se répartir uniformément dans les diverses fractions, ce qui montrerait que cette activité appartient à un isotope du brome plutôt que de l'iode.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La viscosité des sols de sulfure d'arsenic et la formule d'Einstein*. Note [1] de M. **Augustin Boutaric** et Mlle **Suzanne Thévenet**, présentée par M. Jean Perrin.

1. D'après une formule d'Einstein, si η est la viscosité d'une suspension peu concentrée de granules rigides et sphériques, η_0 la viscosité du milieu de dispersion à la même température, c la concentration de la suspension en grammes par unité de volume et δ la masse spécifique de la matière constituant les particules, le rapport

$$k = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0}\frac{\delta}{c}$$

est égal à 2,5.

Ayant constaté antérieurement [2] que la viscosité d'un sol de S^3As^2

(¹) Séance du 13 février 1939.

(²) A. Boutaric et S. Thévenet, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 862.

diminue progressivement au cours de l'évolution spontanée qu'éprouve le sol abandonné à lui-même, il nous a paru intéressant d'étudier, sur des sols dont l'évolution est plus ou moins avancée, comment varie le quotient *k*.

La densité δ peut être calculée à l'aide de la méthode qui a servi à J. Perrin (³) pour déterminer la densité des granules d'une suspension, connaissant la densité de la suspension et la concentration des granules. Les valeurs ainsi obtenues pour le sulfure d'arsenic vont en croissant légèrement lorsqu'on considère des sols de plus en plus évolués, de $\delta = 2,81$, pour une solution fraîchement préparée, à $\delta = 3,02$ pour un sol conservé pendant un an à une température moyenne de 10° (la détermination de la densité d'un sulfure d'arsenic cristallisé fournit $\delta = 3,45$). Dans chaque expérience nous avons utilisé la valeur de δ déterminée sur le sol lui-même.

2. A partir de trois sols initiaux de concentration *c*, conservés à 0°, nous avons préparé, avec de l'eau distillée, des sols de plus en plus dilués; les valeurs de *k* relatives aux dilutions de ces trois sols sont :

Age.	δ.	*c*.	1.	0,9.	0,75.	0,65.	0,50.	0,40.	0,30 (ᵃ)
5 jours.......	2,81	0,05755	22,2	19,6	21,4	21,7	23,7	24,6	23,7
34 »	2,86	0,0479	15,0	13,4	14,7	15,1	15,8	15,3	16,9
34 »	2,97	0,047	7,01	6,8	7,3	7,0	7,2	6,7	6,5

(ᵃ) Les chiffres de 1 à 0,30 indiquent la fraction de la concentration *c* correspondant aux diverses dilutions.

Pour chaque échantillon le quotient *k* garde une valeur approximativement constante lorsqu'on dilue le sol avec de l'eau distillée. Mais la valeur de ce quotient varie beaucoup avec la nature de l'échantillon utilisé et notamment avec la manière dont la préparation a été conduite (en particulier avec la durée de passage du courant gazeux nécessaire pour éliminer l'excès de SH^2 ainsi qu'avec la nature du gaz utilisé pour cette opération).

3. Ayant préparé deux sols de S^3As^2, l'un B_1 à grains fins (par l'action rapide d'un courant de SH^2 dans une solution de O^3As^2), l'autre B_2 à gros grains (par action lente de SH^2), nous avons obtenu pour ces deux sols, conservés à diverses températures pendant des temps croissants θ, les valeurs suivantes de *k* :

(³) *Annales de Chimie et de Physique*, 18, 1909, p. 38.

θ.	Sol B_1. 0°.	10°.	33°.	70°.	Sol B_2. 0°.	10°.	33°.	70°.
0 jour....	9,04	9,04	9,04	9,04	6,78	6,78	6,78	6,78
1 »	–	–	7,47	5,76	–	–	5,93	4,87
2 jours...	8,47	7,62	–	4,09	6,43	6,33	–	4,23
7 » ...	8,28	6,52	5,19	2,66	6,23	5,83	4,87	3,12
10 » ...	–	–	–	2,47	–	–	–	3,06
21 » ...	7,14	5,52	3,81	–	5,83	5,78	4,02	–
62 » ...	5,52	4,6	3,2		5,48	4,5	2,7	
87 » ...	5,33	4,23	–		5,43	4,07	–	

k va en diminuant à mesure que se poursuit l'évolution du sol et tend vers une valeur peu différente de la valeur théorique d'Einstein.

Ces résultats semblent indiquer que l'évolution spontanée, dont est le siège un sol de S^3As^2, a pour effet de diminuer le volume total occupé par les granules et sans doute aussi d'atténuer la dissymétrie de forme et de structure de ces granules.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Séparation des oses par chromatographie de leurs esters colorés.* Note de M. **Watroslav S. Reich**, présentée par M. Maurice Javillier.

La séparation des oses et des polyoses d'un mélange et leur identification n'a pas été encore résolue de façon satisfaisante. La méthode de cristallisation fractionnée appliquée à un tel mélange, directement ou en passant par les esters, permet bien parfois d'en extraire, avec un rendement plus ou moins bon, des substances plus ou moins pures, mais la difficulté s'accroît rapidement avec le nombre des composants ou par la présence d'oses de constitutions voisines. D'autre part, les méthodes d'identification par les éthers méthyliques, de l'école de Haworth, ne conviennent pas lorsqu'on est en présence d'un mélange d'éthers de polyoses, qui ne sont pas distillables et qui ont des solubilités voisines.

Afin d'essayer de résoudre ce problème, je me suis proposé d'appliquer la méthode chromatographique aux esters colorés dont j'ai donné le mode de préparation (1). En effet, ces esters colorés sont absorbés sélectivement, dans des conditions données, par certains adsorbants, notamment l'alumine et la silice. La séparation d'un mélange des azoyl-esters du glucose et du fructose par exemple peut être effectuée comme il suit.

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 589.

Préparation de l'oxyde d'aluminium servant comme adsorbant. — *L'oxyde d'aluminium activé* de Merck est mis en suspension dans l'alcool méthylique et la suspension est abandonnée à 37° pendant 3 jours. La partie solide est séparée par filtration et séchée à l'air.

A l'aide de cette substance, la colonne d'adsorption est faite ainsi : on met la matière en suspension dans un mélange benzène-éther de pétrole (Éb. 60-80°) à volumes égaux. On verse le mélange dans un tube de 30^{cm} de longueur et de 20^{mm} de diamètre muni au fond d'une plaque poreuse, et l'on filtre le tout en s'aidant d'une pression de 20^{cm} de mercure. La colonne, qui ne doit jamais devenir sèche, est dans ces conditions de 20^{cm}.

Adsorption des azoyl-esters. — Lorsque le liquide surmontant la colonne a une hauteur de 5^{mm} environ, on ajoute une solution des azoyl-esters ainsi composée : 30^{cm^3} de $CHCl^3 + 0^g,15$ d'ester de fructose $+ 0^g,15$ d'ester de glucose $+ 30^{cm^3}$ de benzène $+ 30^{cm^3}$ d'éther de pétrole, et l'on filtre lentement sous pression. Dans le haut de la colonne on observe une bande rouge nettement séparée au milieu par une zone plus claire.

On fait passer alors lentement sous pression d'azote à travers la colonne 200^{cm^3} d'un mélange benzène-éther de pétrole à parties égales. Les deux couches se séparent nettement par une bande incolore. On laisse la pression jusqu'à ce que tout le liquide soit écoulé.

Les deux bandes colorées sont séparées mécaniquement et l'élution se fait par un mélange de chloroforme (90 pour 100) et alcool méthylique (10 pour 100).

Le solvant évaporé après filtration sous pression réduite laisse les azoyl-esters qui, recristallisés, montrent que la couche supérieure est constituée par le β-pentaazoyl-*d*-fructopyranose [P. F. 135-136°; $[\alpha]^{20}_{6439} = -340°$ (chloroforme, conc. 1 pour 100)], et la couche inférieure par l'α-penta-azoyl-*d*-glucopyranose [P. F. 234-236°; $[\alpha]^{20}_{6439} = +197°$ (chloroforme, conc. 1 pour 100)].

En se servant d'une colonne de silice pure précipitée B.D.H., préparée par suspension dans 10 pour 100 de benzène + 90 pour 100 d'éther de pétrole, et en développant le chromatogramme avec un mélange de benzène 25 pour 100 + éther de pétrole 75 pour 100, on obtient des résultats analogues.

Si la colonne est plus étroite (7^{mm} de diamètre) et moins haute (15^{cm}), on peut facilement effectuer la séparation de 10^{mg} de l'ester de glucose et de 10^{mg} de l'ester de fructose, ce qui correspond à environ $1^{mg},5$ de chaque ose.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la cryoscopie de l'acide molybdique en solution aqueuse.* Note de MM. **Eugène Darmois**, **Yves Doucet** et de Mlle **Marcelle Murgier**, présentée par M. Charles Mauguin.

A l'aide de l'appareillage décrit par l'un de nous (1), nous avons étudié la cryoscopie des solutions aqueuses de l'acide molybdique. L'acide a été obtenu par le procédé signalé récemment (2). L'étalonnage du couple a permis d'établir entre la f. e. m. e de celui-ci et la différence de température θ la relation $\theta = 211\,e$ (microdegrés, microvolts). Les concentrations des prises ont été déterminées pour $m < 0{,}02$, avec l'interféromètre de Rayleigh-Zeiss. La courbe d'étalonnage de cet instrument est établie à l'aide de solutions diluées par pesées, dérivant d'une solution mère décinormale établie par titrimétrie. Pour les concentrations $m > 0{,}02$, on effectue le dosage par titrimétrie sur 100^{cm^3} de solution à l'aide d'une solution décinormale de soude. Dans le tableau qui suit, m désigne la molarité des solutions en Mo. θ est l'abaissement cryoscopique. La discussion des erreurs montre que, pour $m = 0{,}2$, on a $\theta/m = 0{,}274 \pm 0{,}002$ et pour $m = 0{,}002$, $\theta/m = 1{,}18 \pm 0{,}05$.

m.	$\sqrt{m}$.	θ.	θ/m.	θm.	$\sqrt{m}$.	θ.	θ/m.
0,0022	0,0469	0,00258	1,18	0,0405	0,201	0,01986	0,490
0,0034	0,0583	0,00385	1,14	0,0457	0,213	0,02117	0,463
0,0038	0,0616	0,00417	1,10	0,0533	0,233	0,02387	0,448
0,00523	0,0724	0,00549	1,05	0,0678	0,260	0,02597	0,383
0,00604	0,0777	0,00621	1,03	0,0801	0,284	0,02937	0,366
0,00867	0,0930	0,00829	0,96	0,0907	0,301	0,03222	0,355
0,01050	0,1025	0,00972	0,925	0,1400	0,374	0,04033	0,288
0,0122	0,1105	0,01078	0,883	0,1805	0,425	0,05222	0,289
0,0222	0,149	0,01593	0,717	0,2090	0,457	0,05727	0,274
0,3800	0,195	0,02048	0,539				

Pour les valeurs de $\sqrt{m}$ inférieures à 0,15, la courbe des θ/m en fonction de $\sqrt{m}$ est une droite, aux erreurs près. On peut donc extrapoler facilement la valeur à l'origine; on trouve ainsi $(\theta/m)_0 = 1{,}39$. Comme la constante cryoscopique de l'eau est 1,858, le nombre 1,39 représente les 3/4 de la constante cryoscopique. Ce qui signifie que la molécule renferme 4 Mo et

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 577.
(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 583.

qu'elle se dissocie en 3 ions. L'acide aurait donc en solution étendue la formule $Mo^4O^{13}H^2$ et donnerait 1 ion Mo^4O^{13--} et 2 ions H^+.

Dans le but de voir si l'acide est dans ces conditions un électrolyte fort, nous avons calculé le coefficient d'activité, à la façon de Lewis. Nous donnerons seulement la valeur pour la concentration la plus faible. Pour cette concentration, le nombre j de Lewis est $j = 1 - 1,18/1,39 = 0,078$; on sait que, dans ces conditions, si f est le coefficient d'activité, on a $\log f = -3j : 2,3 = -0,10$. D'autre part la formule de Debye et Hückel donne $\log f = -0,5\, z_1 z_2 \sqrt{\mu}$ où z_1 et z_2 sont les valences des ions et μ la force ionique de la solution. Cette formule donne $\log f = -0,04$. Le coefficient réel est donc beaucoup plus petit que le coefficient théorique, l'acide est donc un électrolyte moyennement fort.

Pour étayer ce dernier résultat, nous avons effectué la cryoscopie d'un électrolyte du même type que notre acide, à savoir SO^4K^2. Nous donnerons les résultats relatifs à la molarité 0,00114 en sulfate. On a alors $\theta/m = 5,38$; la valeur pour $m = 0$ est 5,58. Le même calcul donne $\log f$ réel $= -0,11$ et $\log f$ théorique $= -0,13$, ce qui confirme que SO^4K^2 est beaucoup plus près d'un électrolyte fort que l'acide molybdique.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Les bandes rouges du cyanogène dans le spectre du ciel nocturne.* Note (1) de M. **Georges Déjardin**, présentée par M. Charles Fabry.

Dans la région des longueurs d'onde supérieures à 5000 Å, les principales observations du spectre du ciel nocturne sont celles de Sommer (2) et de Cabannes (3). Elles sont suffisamment précises et concordantes pour qu'on puisse, indépendamment des raies OI et des raies D du sodium, affirmer la réalité des principales radiations décelées sur les spectrogrammes et considérer comme très vraisemblables les attributions proposées : premier système positif de l'azote, bandes d'émission de la vapeur d'eau et de l'oxygène.

Ayant étudié récemment (4) la décharge lumineuse dans l'azote en

(1) Séance du 27 février 1939.
(2) *Zeitschrift für Physik*, 77, 1932, p. 374.
(3) *Journal de Physique*, 7e série, 5, 1934, p. 601.
(4) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 510.

présence de chlorure de sodium, j'ai obtenu, pour un certain régime, un rayonnement dont la composition spectrale présente, entre 5000 et 6600 Å, d'assez grandes analogies avec celle de la lumière du ciel nocturne. La ressemblance s'accuse lorsqu'on diminue systématiquement la netteté des clichés, soit en élargissant la fente du spectrographe, soit en déréglant légèrement l'instrument, de manière à se rapprocher des conditions réalisées avec une faible dispersion. L'enregistrement des spectrogrammes au microphotomètre permet alors de distinguer les maxima principaux suivants, qui traduisent l'existence de groupes de radiations voisines et non séparées :

Å 5250	5360	5480	5610	5740	5860	5890	6000
6060	6150	6210	6300	6350	6470	6510	6590.

En se reportant aux listes de Sommer et de Cabannes, on constate que ces maxima correspondent tous, à l'exception de 6150 Å, à des radiations relativement intenses du ciel. Or le spectre obtenu au laboratoire résulte essentiellement de la superposition de deux systèmes de bandes dont les intensités sont du même ordre : les bandes rouges de CN et celles du premier système positif de l'azote. On est ainsi conduit à rechercher systématiquement, dans le spectre du ciel nocture, la présence des bandes rouges de CN.

Les bandes violettes et ultraviolettes de CN ($^2\Sigma \rightarrow {}^2\Sigma$) ont déjà été reconnues ([5]) parmi les radiations du ciel observées par Cabannes, Dufay et Gauzit. On peut donc s'attendre à retrouver aussi les bandes rouges $^2\Pi \rightarrow {}^2\Sigma$, qui correspondent à une énergie d'excitation plus faible (1,35 eV, au lieu de 3,18 eV pour les bandes violettes) et dont l'apparition est d'ailleurs facilitée sous l'influence de l'azote actif ([6]). Or, on sait que les couches luminescentes de la haute atmosphère contiennent certainement une proportion notable de molécules d'azote métastables $A\,^3\Sigma$.

Le tableau ci-contre permet la comparaison entre les principales bandes rouges de CN et certaines radiations décelées dans le spectre du ciel nocturne, d'après les déterminations de Cabannes, Dufay et Sommer. Dans la première colonne, la seconde longueur d'onde indiquée est celle de la tête la plus intense; les nombres des colonnes suivantes représentent

([5]) J. Kaplan, *Physical Review*, 52, 1937, p. 1252; J. Cabannes, J. Dufay et J. Gauzit, *Nature*, 142, 1938, p. 755.

([6]) Lord Rayleigh et A. Fowler, *Proc. Roy. Soc. London*, A, 86, 1912, p. 105.

les intensités relatives notées par Fowler et Shaw ([7]) dans la flamme du cyanogène ou en présence d'azote actif. Dans la dernière partie du tableau sont mentionnées certaines radiations qui, dans la lumière du ciel, sont susceptibles de déplacer les maxima observés, en masquant plus ou moins complètement les bandes du cyanogène.

CN.	Fl.	N act.	Ciel nocturne.		
33-4691-4695...	–	2	4693 (3) C. D. ([8])		
33-4842-4846...	1	4	4838 (4) C. D. ([8])	N_2(V. K.),	4838
40-5251-5255...	2	5	5253 (3) C.		
55-5366-5371...	2	6	5360 (2) S.		
74-5485-5491...	2	5	5475 (0) C., 5477 (2) S.	H_2O, ξ,	5420-5480
99-5611-5616...	3	4	5620 (1) S., 5610 (1) C. ([9])		
07-5619-5626...	–	2			
29-5742-5748...	–	1	5739 (2) C., 5735 (0) C. ([9])		
31-5743-5749...	5	7			
59-5872-5878...	2	9	5861 (5) C., 5857 (1) S.	N_2(IP),	5853
93-6007-6013...	2	6	5991 (3) C., 5992 (3) S., 6001 (2) C. ([9])	H_2O, D,	5850-6000
92-6207-6214...	6	1	6200 (2) C., 6207 (2) S.		
33-6348-6355...	10	6	6349 (3) C.	O I,	6363
79-6495-6503...	9	10	6468 (4) C., 6479 (4) S.	N_2(IP), H_2O, C,	6467 6430-6600
93-6810-6818...	1	3	6802 (2) C.		
91-7110-7119...	–	–	7096 (2) C.		

Les rapprochements précédents ne permettent évidemment pas d'affirmer, sans aucune réserve, la présence des bandes rouges du cyanogène dans la luminescence de la haute atmosphère. Dans l'attente de nouvelles déterminations, cette hypothèse vient s'ajouter, sans aucune contradiction, à celles déjà envisagées par Sommer et Cabannes; elle permet d'interpréter plus complètement l'ensemble des observations relatives à la région des grandes longueurs d'onde du spectre du ciel nocturne.

([7]) *Proc. Roy. Soc. London*, A, **86**, 1912, p. 118.
([8]) J. Cabannes et J. Dufay, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 306.
([9]) J. Cabannes, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1905.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Remarques sur les variations de la couleur du ciel nocturne*. Note (¹) de M. **Raymond Grandmontagne**, présentée par M. Charles Fabry.

Au cours de l'année 1938, le photomètre enregistreur à cellule photoélectrique que j'utilise à l'Observatoire de Lyon m'a permis non seulement d'étudier les variations de la lumière globale du ciel nocturne (²), mais encore de remarquer que la composition de la lumière rouge ne restait pas fixe.

Pour exposer ce résultat, je rappellerai que les filtres colorés qui interviennent aujourd'hui sont uniquement les filtres rouges OG 2, RG 5 et RG 8. Les mesures portent ainsi sur trois régions spectrales limitées du côté des grandes longueurs d'onde par la sensibilité de la cellule (vers 9000 Å) et du côté des petites longueurs d'onde par la transmission des trois filtres. D'après mes plus récentes déterminations, ces filtres transmettent plus de 50 pour 100 de la lumière incidente à partir de 5850, 6800 et 7250 Å respectivement. J'obtiens par différence les intensités correspondant aux régions spectrales 6800-7250 Å et 5850-6800 Å et, pour avoir une indication sur la composition de la lumière rouge, je forme les rapports entre les intensités trouvées pour ces deux régions et celle de la lumière transmise par le filtre OG 2 (au-dessus de 5850 Å) considérée comme lumière globale.

Région 6800-7250 Å. — Toutes les fois que les deux filtres RG5 et RG8 ont été employés simultanément, la différence des déviations obtenues avec chacun d'eux est restée de l'ordre de grandeur des erreurs de mesure. Ce résultat est en accord avec la répartition précédemment trouvée (³). Il m'a servi en outre à rapprocher les observations où les filtres RG5 et RG8 n'ont pas été employés simultanément : j'ai considéré comme négligeable la différence entre les indications obtenues avec ces deux filtres.

Région 5850-6800 Å. — Cette région a été régulièrement étudiée depuis le mois d'août 1937 jusqu'au mois de juin 1938; à partir de février 1938,

---

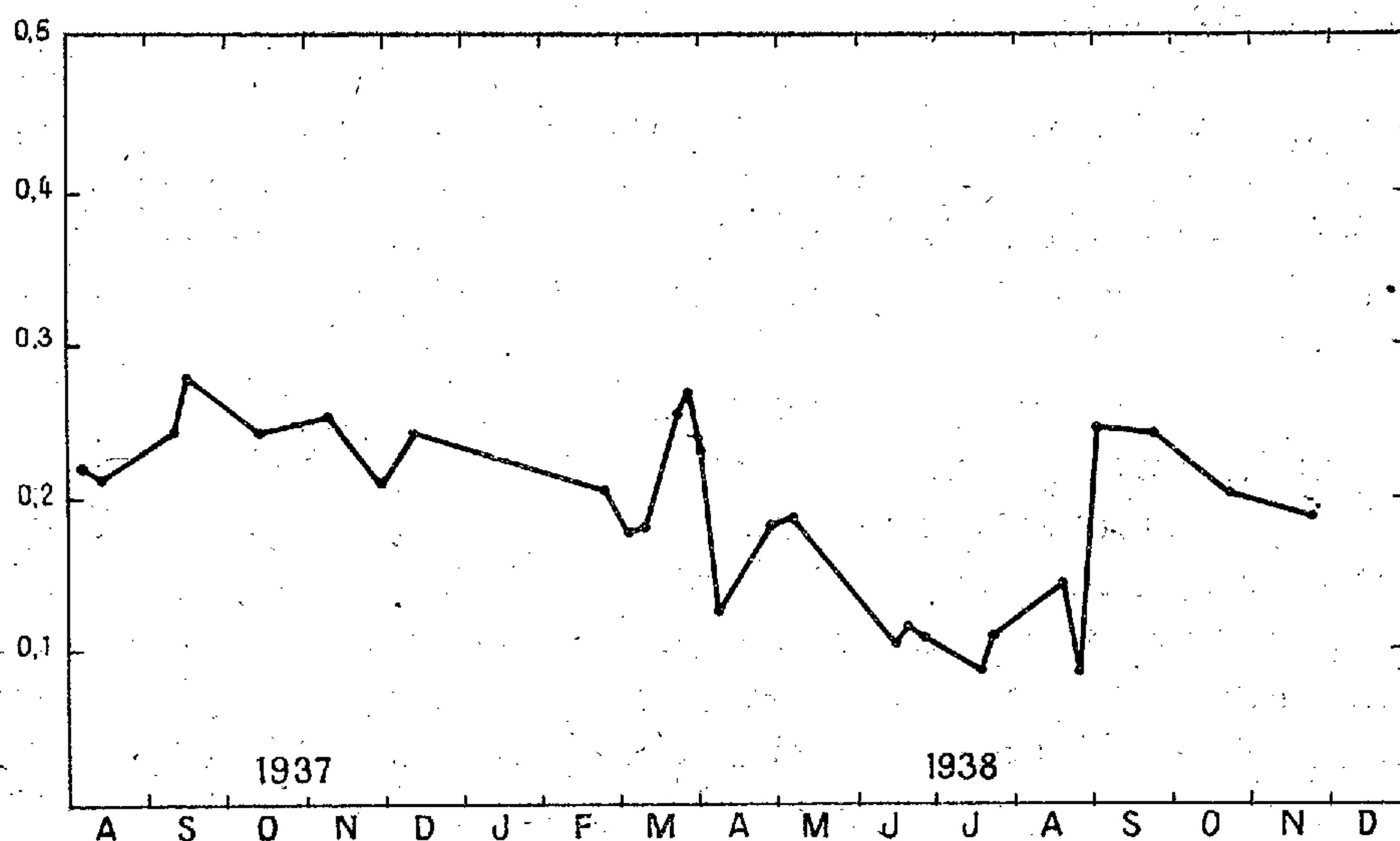
(¹) Séance du 20 février 1939.

(²) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 321.

(³) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 375.

j'ai étudié la région 5850-7250 Å. Pendant les mois de février à juin on a constaté que l'intervalle 6800-7250 Å n'intervenait pratiquement pas.

Le graphique ci-dessous représente l'ensemble des observations relatives



Légende. — En abscisses, les dates; en ordonnées, les rapports des déviations du photomètre pour les bandes 5850-6800 Å et 5850-9000 Å donnant la proportion de rouge proche dans le rouge total étudié. Chaque point représente la moyenne des indications d'une seule nuit; l'irrégularité de distribution des points dans le temps provient de la fréquence irrégulière des nuits acceptables pour ces mesures.

à la région 5850-6800 Å. Il montre que l'émission au début du rouge a été particulièrement faible au milieu de l'année, de mars à août.

Garrigue a publié les résultats d'observations très discontinues sur la variation de la raie 6300 Å, qui paraît plus intense en hiver qu'en été (¹). En rapprochant cette observation des remarques ci-dessus, on est conduit à penser que la raie 6300 Å joue un rôle considérable dans toute l'émission du ciel nocturne comprise entre 5850 et 7250 Å.

(¹) Hubert Garrigue, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 491.

HYDROLOGIE. — *Analyse des composantes de l'Euphrate en Syrie.* Note de M. **Soubhi Mazloum**, présentée par M. Georges Perrier.

Les niveaux de l'Euphrate en Syrie ont été observés depuis 1925 et 1927, aux échelles de Djérablous et de Deir-ez-Zor; le régime de leurs variations saisonnières est du type nivo-pluvial.

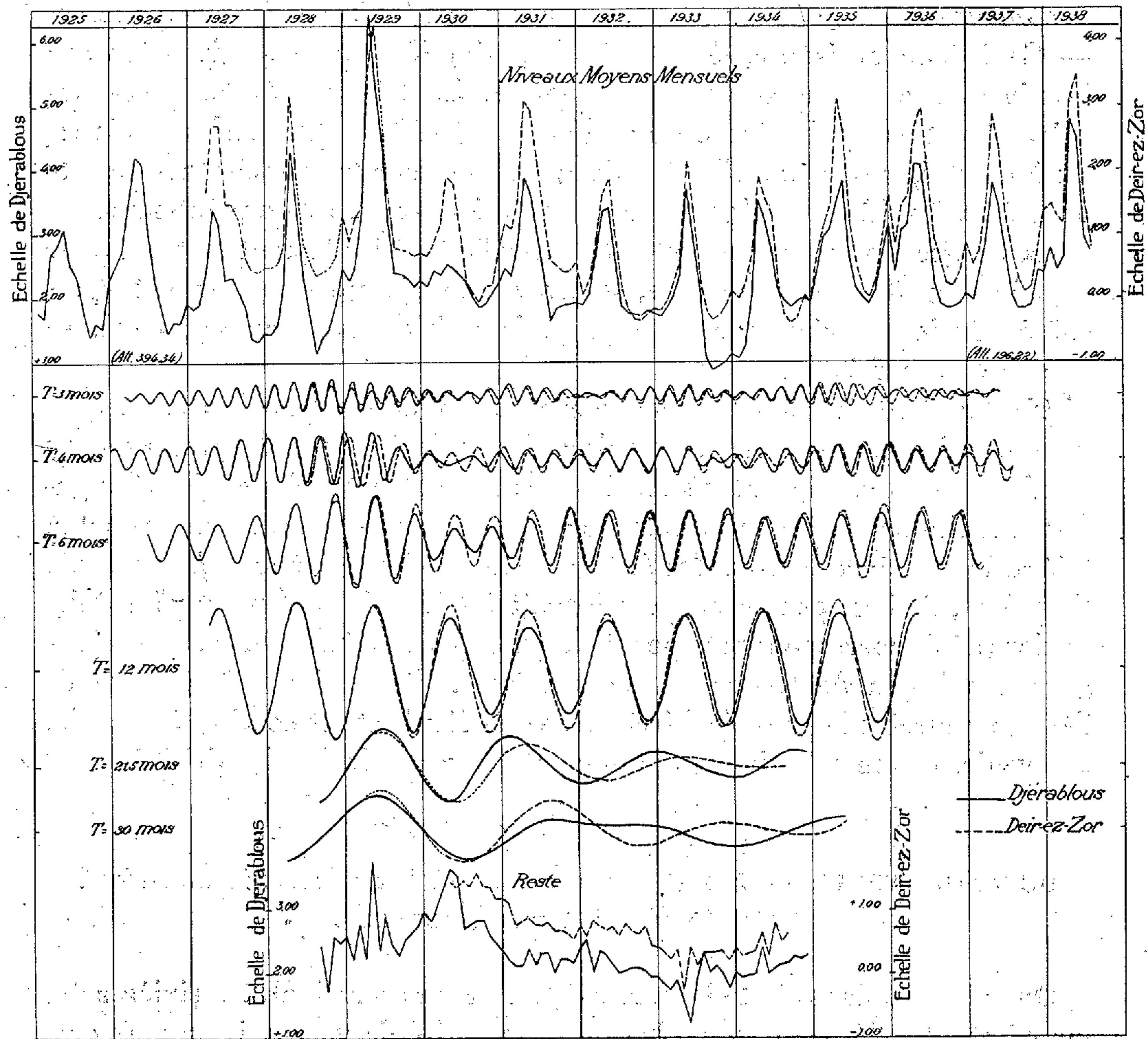
L'analyse harmonique de ces niveaux par la méthode de M. H. Labrouste permet d'en dégager les composantes élémentaires et d'apprécier l'importance des composantes supérieures.

	Composantes (T, en mois).	Djérablous. Amplit. maxim.	Djérablous. Import. i.	Deir-ez-Zor. Amplit. maxim.	Deir-ez-Zor. Import. i'.	Écart de phase.	Rapport $\frac{i}{i'}$.
Niveaux de l'Euphrate	3	m 0,52	% 9,4	m 0,44	% 9,6	% 12,8	0,98
	4	0,85	15,3	0,85	18,3	2,2	0,83
	6	1,47	26,5	1,41	30,3	1,6	0,87
	12	2,15	38,7	2,17	46,6	0,5	0,83
	21,5	1,12	20,2	1,10	23,6	16,8	0,86
	30	1,00	18	1,12	24	–	0,75
	Comp. sup.	0,93	16,8	1,27	27,1	–	0,62
Pluie........	12	59mm	44,7	31mm	23	−3,3	1,94
Température..	12	25°,2	90,7	25°,4	88,2	0,5	1,03

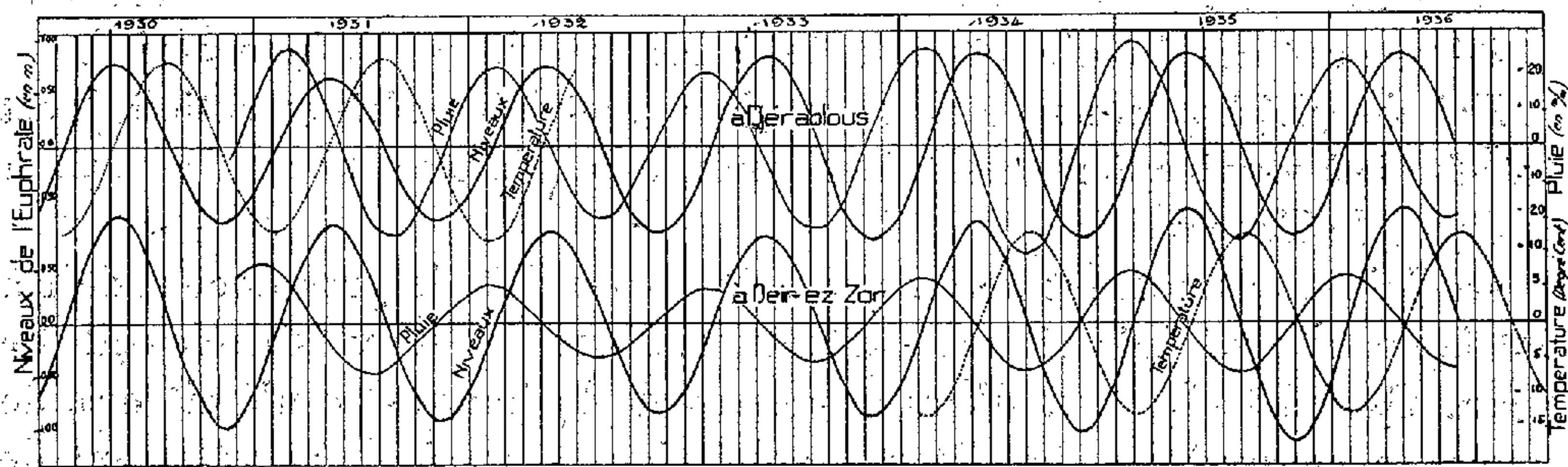
Les différentes composantes dégagées répondent aux caractères généraux reconnus (¹) : leur comparaison appelle cependant quelques observations.

Similitude et progression des composantes. — Les composantes homologues forment des trains d'ondes semblables, et leurs amplitudes maxima varient peu entre les deux stations. Leur importance relative croît d'amont en aval; leurs phases, légèrement variables autour d'une valeur moyenne, croissent d'aval en amont, ce qui indique une progression des composantes dans le sens du courant (régime katoplymirique), en rapport avec la physiographie connue du bassin de l'Euphrate, les apports du Sadjour et du Baligh altérant peu son régime défini par le bassin supérieur situé en Turquie. Cette caractéristique a permis d'instaurer une prévision régulière de la transmission des niveaux sur le cours syrien et d'y organiser efficacement la défense contre les inondations.

(¹) V. Frolow, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2206.



Analyse des composantes de l'Euphrate à Djérablous et Deir-ez-Zor.



Comparaison des composantes annuelles de l'Euphrate avec celles de la pluie et de la température.

Comparaison avec les composantes annuelles de la pluie et de la température. — Cette comparaison révèle un signe distinctif du régime nivo-pluvial : les niveaux sont en quadrature avec les pluies et la température, ces dernières étant en opposition de phase entre elles. Le retard sur la pluie est dû à l'enneigement et à l'infiltration; l'avance sur la température résulte de la fonte rapide des neiges avec les premières chaleurs du printemps.

La progression de la composante annuelle se fait d'amont en aval, pour les niveaux et la température, et avec une vitesse sensiblement égale (250^{km} par jour environ); celle de la pluie se fait en sens contraire et avec une vitesse six fois plus petite.

Limites du régime. — La grande crue observée en 1929 a résulté de la superposition des amplitudes maxima des composantes dégagées avec un maximum des composantes supérieures : avec la coïncidence de l'élongation maximum des composantes courtes, la crue peut atteindre 7^m à Djérablous et 5^m à Deir-ez-Zor (débit correspondant à 5500 m^3/s environ). De même, l'étiage peut descendre à $0^m,45$ à Djérablous et $-0^m,75$ à Deir-ez-Zor (débit correspondant, 90 m^3/s environ), avec l'interférence des élongations minima de toutes les composantes. Cette limite inférieure de l'étiage restreint le pouvoir d'irrigation de l'Euphrate et conduit à prévoir, à l'avenir, un emmagasinement des crues pour régulariser les débits.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur l'origine des vasières de la Seine maritime.* Note de M. **Jacques Bourcart**.

On sait que, dans toute la partie de leur cours terminal, les rivières des mers à marées déposent une très grande quantité de vase qui, notamment, comble certains ports latéraux comme celui de Honfleur.

Il semble que, jusqu'ici, le mécanisme de ce phénomène n'ait été interprété que par des théories empruntées à des expériences de laboratoire.

J'ai cherché à voir, sur la Seine maritime, le phénomène en action. Il est très facile à étudier, à marée descendante, le long d'une banquette bordant la digue de Tancarville.

La Seine, au moment de l'observation, charriait de gros flocons de 1 à 2^{cm} de grand axe, très ténus de structure, d'une densité voisine de celle de l'eau. Quand la hauteur d'eau au-dessus de la banquette n'était que de quelques centimètres, les flocons adhéraient alors à son revêtement de pierre, s'agglomérant les uns aux autres pour constituer une vase assez

résistante pour être modelée en rides par les ondulations dirigées vers le rivage

Les flocons capturés se présentent de la façon suivante :

Ils sont constitués par des agrégats en treillis, à mailles polygonales dont les nœuds sont faits de grains de craie, de foraminifères de la craie, de grains de glauconie et surtout de quartz, les uns et les autres d'une dimension maxima de $0^{mm},05$. De très fins granules de calcite, à peine discernables au microscope, constituent les mailles.

Une série de débris plus légers que l'eau, ou chargés d'air, adhèrent au flocon ou sont pris dans les mailles : ce sont des fragments, de toutes dimensions, de particules végétales reconnaissables ou réduites en granules, le plus souvent teintes par du fer, des grains de pollen, des carapaces d'ostracodes, de copépodes, des embryons de gastéropodes, de très nombreuses diatomées avec leur matière brune plus ou moins conservée, ou pleines d'air, des spicules d'éponges (mégasclères ou microsclères de monactinellides ou de tétractinellides), les uns et les autres en opale, avec leurs canaux pleins d'air, quelques fragments d'algues vertes et de rares foraminifères marins actuels. En outre, il faut signaler des rhomboèdres parfaits de calcite.

M. Rajčević, a recueilli dans la région de Rouen, à quelques mètres de la rive, des flocons beaucoup plus petits (2^{mm} en moyenne). Leur constitution est analogue, avec beaucoup plus de matière organique seulement. Infusoires et bactéries vivantes y pullulent.

D'autre part l'examen de la vase déposée sur la banquette de Tancarville m'a montré que les flocons y ont conservé leur structure à ceci près qu'ils sont aplatis.

La vase qui s'accumule, à marée descendante, sur la plage de Honfleur, celle qui encombre le port de cette ville, celle qui apparaît à marée basse à Villerville, celle de l'Orne, à 2^{km} en aval de Caen, offrent toutes la même structure et la même composition, aux espèces de diatomées près. Il en est de même de celle que M. Claude Francis-Bœuf a rapportée de l'Aulne; mais alors elle n'est plus essentiellement faite de calcaire comme celle de la Seine qui en contient 40 pour 100 en moyenne.

La formation des flocons résulte, selon moi, de la pseudo-attraction capillaire (¹) qui fait que toutes les particules mouillées par l'eau se réunissent et finissent, pourvu que l'eau soit suffisamment calme ou la

(¹) Chwolson, *Traité de Physique*, 1, fasc. 3, p. 620.

tranche d'eau suffisamment mince, par adhérer à toutes les parois. L'uniformité de composition de tous les flocons et toutes les vases latérales et de celles observées en voie de sédimentation montre bien que ces vases proviennent toutes de l'agrégation de flocons. Il faut aussi remarquer que des flocons fluviatiles sont transportés très loin de l'embouchure de la Seine. Certains se fixent sur la côte, mais d'autres sont forcément entraînés au large, où leur destinée devient très différente.

Il n'est nullement dans mes intentions de nier que les colloïdes organiques et minéraux jouent un rôle dans la formation ou surtout dans la cohérence des flocons, mais les travaux de M. Rajčević ([2]) ont montré que la théorie classique, qui veut que les flocons soient le résultat de la coagulation de la charge colloïdale des rivières par le chlorure de sodium, est inadéquate; jusqu'à Tancarville, en effet, l'eau de l'estuaire est pratiquement douce et, au port de Honfleur, la salinité à basse mer ne dépasse pas 5 pour 1000.

Quant à la formation des vasières des berges, elle est donc due à un phénomène totalement différent de ce que l'on appelle communément une sédimentation, c'est-à-dire un dépôt sous l'effet de la gravité.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la salinité des eaux de la Seine, entre Amfreville et Honfleur.* Note ([1]) de M. BOGDAN RAJČEVIĆ.

On a, en général, tendance à considérer que l'influence de la mer s'étend sur la Seine jusqu'à Rouen. C'est dans le but essentiel de préciser cette notion que j'ai prélevé des échantillons d'eau de surface en des points caractéristiques, en juillet 1938, et quelques échantillons de contrôle en février 1939.

Les effets de la marée, tels que la variation du niveau des eaux, se font sentir jusqu'au barrage de Martot. Mais ce phénomène est particulièrement net quand la Seine est en étiage et le coefficient de marée fort : dans un tel cas la variation de niveau peut atteindre environ $1^{m},50$.

La méthode de Knudsen a été utilisée pour mesurer la salinité. Elle consiste à déterminer l'ion chlore contenu dans un échantillon donné. La

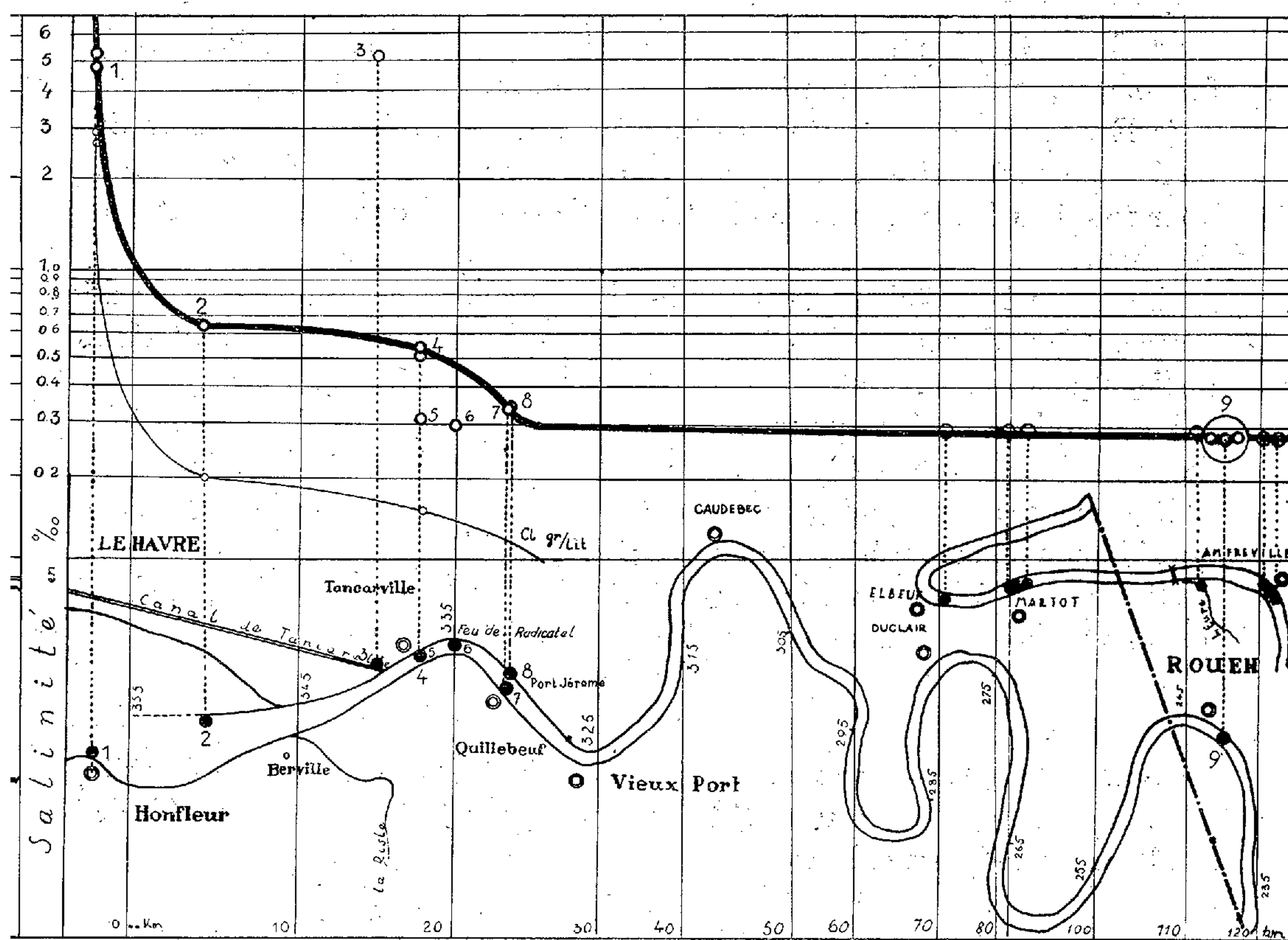
([2]) Voir ci-dessous la Note de M. B. Rajčević.

([1]) Séance du 27 février 1939.

salinité est donnée par la formule

$$S(\text{salinité}) = 0{,}030 + 1{,}8050\,Cl \text{ pour } 1000.$$

La quantité de chlore contenu est obtenue par un dosage au nitrate d'argent en présence d'un indicateur (bichromate de potassium). La solution au nitrate d'argent utilisée a été titrée de telle sorte que 1^{cm^3} de $AgNO^3$ précipite



Courbe de la salinité maximum de la Seine fluvio-maritime.

pite 1^{mgr} de chlore. Les corrections ultérieures sont faites d'après les tables de Knudsen.

J'ai ainsi obtenu un certain nombre de résultats qui peuvent être représentés graphiquement. La salinité a été portée en ordonnée, à l'échelle logarithmique, tandis que les abscisses représentent les distances comptées le long du fleuve.

La courbe obtenue peut conduire à certaines conclusions :

1° La limite de la pénétration des eaux de mer peut être située entre Quillebœuf et le Vieux Port. C'est en somme la zone extrême où l'on peut encore parler de l'influence directe des eaux marines.

2° En amont du Vieux Port, l'eau de la Seine doit être considérée comme douce (0,026 à 0,032 de Cl pour 1000). De l'eau essentiellement douce prise à Meulan et à Mantes indiquait une teneur de 0,011 à 0,024 pour 1000.

3° Entre Quillebœuf et l'extrémité de la rive droite, la salinité croît faiblement, mais d'une manière régulière de 0,36 à 0,62 pour 1000.

4° Enfin, dans l'estuaire proprement dit, la salinité croît de 0,62 pour 1000 (extrémité de la digue) à 5 pour 1000 environ (4,93 et 5,28 pour 1000) au fond du port de Honfleur, et à 12 pour 1000 en port ouvert de Honfleur.

Notre courbe précise que, dans le phénomène de la propagation de la marée, il faut distinguer la pénétration de l'eau de mer de l'accumulation de l'eau douce en amont.

La première se fait sur un parcours limité, tandis que l'accumulation des eaux de la Seine intéresse une étendue sensiblement plus grande.

Des mesures en plus grand nombre et en rapport avec la variation quotidienne de la marée sont en cours afin d'élucider si l'existence des vases est liée ou non à la floculation des colloïdes en aval de Tancarville, et si ce phénomène est déterminé par les électrolytes de l'eau de mer.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur les variations de salinité, au cours d'une journée de septembre, des eaux de l'Aulne maritime à Trégarvan.* Note [1] de M. **Claude Francis-Bœuf**.

A environ 8^{km} de la rade de Brest (Landévénec), à Trégarvan, l'estuaire maritime de l'Aulne fait un coude très prononcé. Au mois de septembre 1938, j'ai effectué une série de mesures de salinité des eaux de l'Aulne afin de déterminer les variations qu'elles subissent au cours de la propagation du flot de marée.

Toutes les heures, près de la rive droite, au milieu, et près de la rive gauche, en surface comme au fond, un échantillon d'eau a été recueilli.

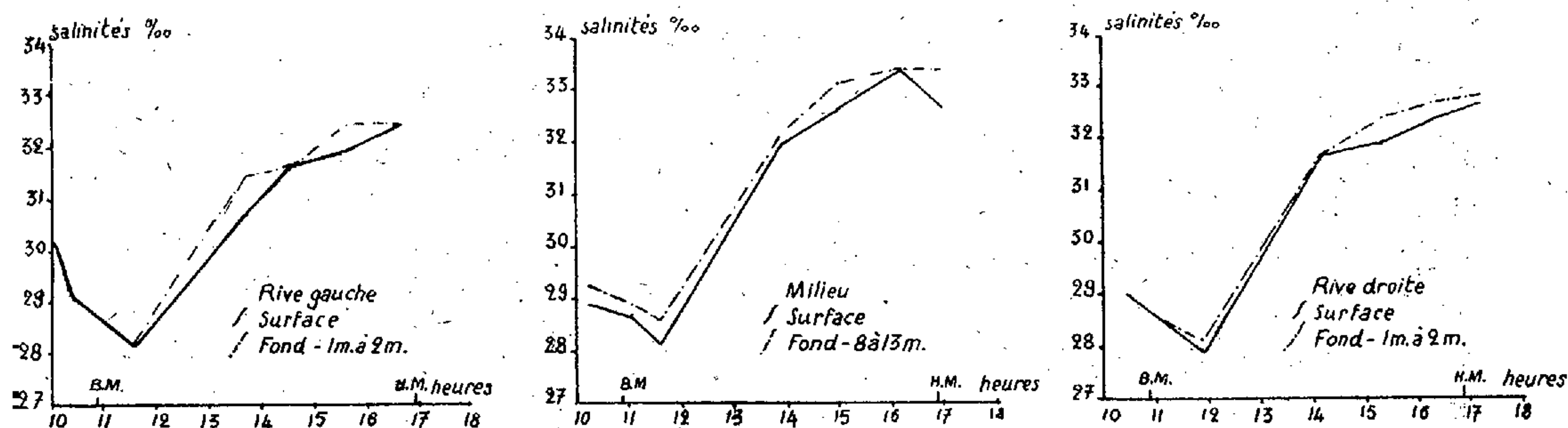
---

[1] Séance du 27 février 1939.

Les prélèvements ont commencé un peu avant l'étale de basse mer, et ont été poursuivis jusqu'à la haute mer suivante.

La salinité a été déduite de mesures densimétriques, après correction de température (²).

Il a été possible de tracer trois graphiques. Leur examen conduit à faire certaines remarques :



1° Le long des rives, comme au milieu de la rivière, la salinité croît avec la marée; mais les courbes indiquent un ralentissement très net environ 3 heures avant la fin du flot.

2° La différence entre la salinité des eaux de fond et des eaux de surface n'est pas très forte. Il arrive même que le long des rives elle soit rigoureusement identique.

3° Le minimum de salinité ne s'observe pas à basse mer, mais environ 45 minutes après.

4° Le maximum ne correspond pas non plus à la haute mer, mais se produit environ 30 minutes avant.

5° La salinité est élevée sur les bords comme au milieu, mais son maximum s'observe cependant au milieu de la rivière, avec 33,40 pour 1000, identique pour les eaux de fond et celles de surface (c'est le seul point où ce phénomène se réalise).

Le minimum de salinité est également élevé : 28 pour 1000 est le minimum observé aux trois points de prélèvement.

On peut interpréter ainsi ces résultats :

1° Si le degré de salinité est constamment assez élevé, en été, c'est que l'apport d'eau douce est alors très faible (le débit de l'Aulne en

---

(²) J. Thoulet, *Instruments et opérations d'Océanographie pratique*, Paris, 1908, p. 127-134.

septembre 1938 était insignifiant). Par contre, l'eau de mer (dont la salinité en rade de Brest atteignait 34,85 pour 1000) a, à cette époque, une influence prépondérante.

2° Le fait que le minimum de salinité est observé 45 minutes après l'étale de basse mer doit être attribué d'une part à un léger retard de la propagation du flot et d'autre part à une prolongation de l'influence du jusant.

3° La croissance rapide de la salinité s'explique par la force du courant de marée, qui est considérable pendant environ 3 heures. Après quoi il s'affaiblit nettement, et il s'ensuit une augmentation moins rapide de la salinité.

4° Le mélange des eaux le long des rives peut s'expliquer par une profondeur naturellement moins grande qu'au milieu, et par le jeu des contre-courants tourbillonnaires qui s'établissent et qui amènent un brassage très net des eaux [3].

On peut conclure en disant qu'en été le régime des eaux, au coude de Trégarvan, est presque totalement déterminé par la pénétration des eaux marines avec l'onde de marée.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les conditions d'éclairement de quelques Algues vivant dans les grottes et anfractuosités littorales de la région malouine.* Note de M. **Robert Lami**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

L'éclairement intense et l'asséchement, dû tant à la radiation solaire qu'à l'action du vent non saturé d'humidité, qui agissent librement aux niveaux supérieurs de la zone intercotidale d'une côte basse, nuisent au développement de certaines algues qui demeurent sciaphiles et hygrophiles pendant l'émersion (*Rhodocorton Rothii* Naeg., *Catenella Opuntia* Grev., *Hildenbrandia prototypus* Nardo, *Leptonema lucifugum* Kuck.). Il n'en demeure que de rares et pauvres peuplements dans les fentes ou sous les Fucacées résistantes.

Au contraire, ces espèces prospèrent sur les parties aspectées au nord des roches des côtes élevées et des parois des ouvrages d'art, là où la lumière solaire directe n'atteint jamais. Elles occupent des surfaces plus importantes encore sur les parois des grottes marines où l'éclairement est

(3) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1014-1016.

fortement atténué et où l'état hygrométrique de l'air demeure toujours élevé. Dans ces dernières conditions, certaines espèces, *Rhodocorton Rothii* et *Leptonema lucifugum* en particulier, peuvent devenir sub-aériennes et ne sont humectées que par les embruns ou, plus rarement, par les éclaboussures des lames. Si la profondeur relative de la grotte est suffisante, on constate que ces espèces, d'abord peu abondantes, présentent ensuite un maximum de développement à une certaine profondeur, se raréfient, puis disparaissent plus loin. L'état hygrométrique de l'air, à peu près homogène, ne nous semble pas intervenir dans cette répartition, mais seulement la valeur de l'éclairement.

Nous avons cherché, en décembre dernier, à déterminer, dans quelques grottes marines des environs de Dinard, la valeur relative, exprimée en fraction de l'éclairement extérieur, des éclairements supportés par quelques espèces antricoles de la région.

Les mesures ont été effectuées, par ciel voilé, au moyen d'un Luxmètre *Prolabo* à cellule à couche d'arrêt. Avant et après chaque mesure de lumière localement atténuée, une mesure de l'éclairement extérieur général fut faite. Le rapport de ces mesures nous a donné des éclairements relatifs nécessaires ou suffisants à l'existence des espèces considérées.

	Maximum.	Optimum.	Minimum.
Rhodocorton Rothii................	4/10	1/7	1/20
Catenella Opuntia..................	6/10	1/4	1/40
Leptonema lucifugum...............	2/10	-	1/20

On constate donc que, de ces trois espèces, le *Catenella* s'adapte le plus facilement à des éclairements variables et que le *Leptonema* présente, sous ce rapport, des besoins plus stricts, ce qui est peut-être une des raisons de la rareté de cette plante dans la région.

Accessoirement, nous avons noté que l'*Hildenbrandia prototypus* Nardo présente son optimum de développement pour un éclairement de 2/10 et que *Lithothamnium Lenormandi* (Aresch.) Fosl., espèce très euryphote supportant la lumière directe, pénètre dans les grottes jusqu'à un éclairement réduit à 1/20.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Hypophysectomie et cycle sexuel chez la grenouille rousse* (Rana temporaria *L.*). Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'un des points que nous nous sommes attaché à résoudre dans l'étude que nous avons consacrée à la physiologie hypophysaire, chez *Rana temporaria*, est le suivant : quel rôle joue l'époque de l'opération dans l'inhibition du cycle sexuel et l'involution des gonades ?

On sait en effet que *R. temporaria* traverse, en cours d'année, deux périodes essentielles :

1° Une période d'*activité génitale* se déroulant de mars à septembre. La ponte a lieu en mars, les gonades subissent ensuite une involution puis, à partir de juin, une nouvelle série de produits génitaux se développe (spermatogénèse et spermiogénèse, vitellogénèse).

2° Une période *statique* correspondant à l'hibernation et qui se déroule d'octobre à mars. Fin septembre, la maturité sexuelle est atteinte et en octobre on peut expérimentalement obtenir l'accouplement et des pontes normales ([1]).

Nous rapportons ici les résultats essentiels de nos observations, réservant les détails des expériences pour un travail d'ensemble. Nous avons effectué deux séries d'opérations, chacune d'elles étant faite au début des périodes ci-dessus définies.

1° *Opérations de printemps*, 24 animaux, opérés en avril et mai, c'est-à-dire après la ponte. L'autopsie fut faite à la mi-septembre. La durée moyenne de l'expérience fut de 4 mois.

Nous avons observé, dans les deux sexes, une involution considérable des gonades ([2]); chez la femelle, l'ovaire et l'oviducte ont conservé l'aspect macroscopique qui s'observe après la ponte. Le développement du lot d'ovocytes qui normalement aurait dû subir la vitellogénèse a été totalement inhibé.

2° *Opérations d'automne*, 24 animaux opérés en novembre et décembre (6 nov. au 9 déc.), c'est-à-dire alors que la maturité génitale est atteinte.

([1]) L. Gallien, *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, p. 874.

([2]) Voir, en ce qui concerne le sexe mâle, L. Gallien, *C. R. Soc. Biol.*, 129, 1938, p. 1043.

Un premier lot d'opérés fut sacrifié à la mi-février, donc une quinzaine de jours avant l'époque normale de la ponte. Tous les animaux présentaient cette peau sèche, desquamant mal, caractéristique des hypophyséoprives.

Or, à notre grande surprise, chez les individus opérés au début de décembre, ni les gonades ni le tractus génital, ne présentaient de signes d'atrésie. Après deux mois, l'hypophysectomie ne se traduisait dans les glandes génitales par aucun signe d'involution. Cependant deux femelles opérées un peu plus tôt (le 6 nov.) montraient des ovocytes au début de l'évolution atrétique (3 mois après l'opération).

La lenteur des processus atrétiques en hiver doit vraisemblablement être mise en relation avec l'hibernation des grenouilles, et le ralentissement corrélatif du métabolisme.

Un second lot d'opérés fut sacrifié en septembre après 10 mois. Aucun couple ne s'était formé en mars parmi les individus de ce lot. Gonades mâles et callosités avaient alors subi l'involution que nous avons décrite chez les mâles opérés au printemps ([2]).

Chez les femelles, les phénomènes sont un peu plus complexes. L'ovaire ne présente pas le nouveau lot d'ovocytes qui, ayant subi la vitellogénèse, aurait dû normalement fournir la ponte prochaine. Il est cependant assez volumineux car, la ponte n'ayant pas eu lieu au mois de mars précédent, tous les œufs qui étaient arrivés à maturité sexuelle se sont atrésiés *in situ*. De même l'oviducte, sans atteindre le volume de celui d'un animal témoin à cette époque, est encore très gros. Là encore deux phénomènes ont interféré : inhibition estivale due à l'hypophysectomie, seul phénomène en cause dans les opérations de printemps et involution portant sur un organe qui n'a pas évacué ses produits de secrétion. Cette involution est très lente, et, après 10 mois, elle est loin d'être terminée.

En somme, dans les hypophysectomies du printemps, l'inhibition du nouveau cycle sexuel est à peu près seule en cause, les produits génitaux mûrs ayant été évacués lors de la ponte (ceci est surtout manifeste pour l'ovaire et pour l'oviducte). Dans les hypophysectomies d'hiver, outre que les phénomènes atrétiques sont longs à commencer (hibernation), on constate que la résorption des éléments sexuels est une action qui s'ajoute et, dans une certaine mesure (oviducte), masque les phénomènes d'inhibition.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La détermination quantitative de la vitamine antinévritique dans les milieux naturels. Technique nouvelle.* Note de MM. **Paul Meunier** et **Claude Blancpain**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les méthodes de dosage de la vitamine B_1 sont fondées soit [Kinnersley et Peters ([1]) et divers auteurs] sur la production d'un dérivé azoïque coloré de l'aneurine, soit [Jansen et autres ([2])] sur l'oxydation par le ferricyanure de ce corps en thiochrome, composé fluorescent. Dans tous les cas, le dérivé coloré ou fluorescent est, avant la mesure, extrait au moyen d'un solvant organique, ce qui constitue un obstacle au dosage de la cocarboxylase, ester pyrophosphorique de l'aneurine, dont les dérivés sont complètement insolubles dans un tel solvant. Une hydrolyse diastasique préalable devient nécessaire [Melnick et Field ([3]), Hennessy et Cerecedo ([4])]. Outre la complication introduite, le défaut de ces méthodes est le manque de spécificité.

Nous donnons une solution précise et simple au problème du dosage de la *vitamine* B_1 par l'emploi conjugué des deux réactions précédentes.

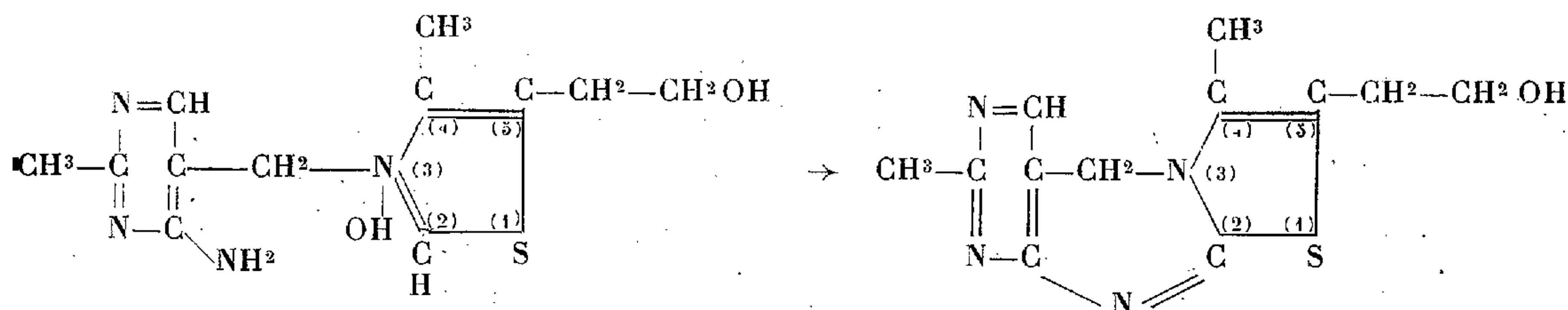
Nous nous sommes assurés d'abord que la copulation du sel de diazonium et de la vitamine B_1 se fait par le carbone 2 du thiazol. De fait, le thiazol libre donne la réaction, alors que ses dérivés substitués en 2 ne la fournissent plus. (La pyrimidine et ses dérivés ne se colorent pas avec l'acide sulfanilique diazoté.)

Nous avons constaté ensuite que seule la réaction de diazotation de la vitamine B_1 est totalement inhibée par un traitement de quelques secondes de la vitamine par le ferricyanure à $pH > 9$, tandis que, dans les mêmes conditions, ne sont pas modifiées les réactions que donnent l'histidine, l'histamine, le thiazol libre, la tyrosine. La comparaison des formules de

---

(1) *Biol. Journ.*, 28, 1934, p. 667.
(2) *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, 55, 1936, p. 1046.
(3) *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 39, 1938, p. 317.
(4) *Journ. Am. Chem. Soc.*, 61, 1939, p. 179.

l'aneurine et du thiochrome explique ce comportement de la vitamine B_1.



Nous avons alors abordé l'étude colorimétrique précise de la réaction de l'aneurine avec diverses amines diazotées à l'aide de l'électrophotomètre (⁵). Cette étude nous a conduits à diazoter l'amine choisie au moment même de l'addition de la vitamine B_1 et à reconnaître que la vitamine ne doit pas être portée à pH 9 en l'absence du diazoïque, car une fraction importante échapperait en quelques secondes à la copulation. Ces remarques conduisent à la technique suivante :

On verse dans la cuve d'observation 2 gouttes d'acide sulfanilique à 1 pour 100 dans HCl au dixième, puis 4^{cm^3} de la solution C de Kinnersley et Peters (soude demi-normale renfermant 2,9 pour 100 de bicarbonate de sodium), préalablement additionnée de 0,3 pour 100 de nitrite de sodium. Quelques secondes après, on verse 1^{cm^3} de solution à titrer de pH 5 à 6 (contenant 3 à 30γ de B_1 par centimètre cube). On fait une première lecture colorimétrique avec l'écran vert, exactement 30 secondes après ce dernier mélange. On refait de nouvelles lectures de 15 en 15 secondes, jusqu'à 1 minute 30. On répète alors l'expérience avec la solution à titrer additionnée de 0,1 pour 100 de ferricyanure de potassium.

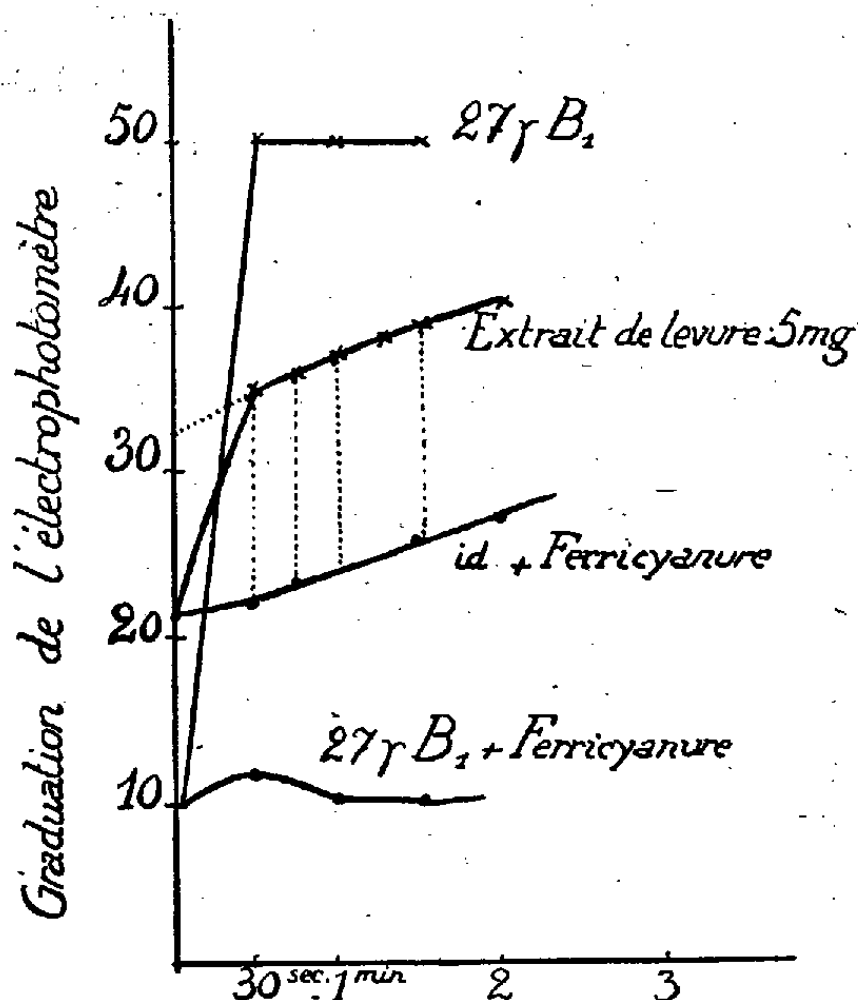
Dans ces conditions, on observe un phénomène très net en ce qui concerne la cinétique de la réaction : la vitamine B_1 fournit rapidement, en moins de 30 secondes, son maximum de coloration, tandis que la couleur des autres dérivés azoïques (histidine, tyrosine) se développe beaucoup plus lentement. Sur un extrait complexe le tracé de la courbe cinétique fournit déjà une indication et l'emploi du ferricyanure permet la mesure. C'est ce qu'illustre le graphique ci-après : la différence entre les ordonnées des deux courbes à 30 secondes ou 1 minute mesure la quantité de vitamine.

Cette méthode appliquée aux levûres nous a montré que, même sous la forme de cocarboxylase, l'aneurine n'échappe pas à nos déterminations, car l'hydrolyse par la takadiastase (⁶) ne modifie pas en général notre résultat,

(⁵) P. MEUNIER, *Bull. Soc. Ch. Biol.*, **19**, 1937, p. 113.
(⁶) KINNERSLEY et PETERS, *Biochem. J.*, **32**, 1938, p. 1516.

tandis que celui de la méthode au thiochrome (entraînement par l'isobutanol) est toujours considérablement augmenté après cette hydrolyse.

Enfin notre technique nous a permis de comparer aisément divers pro-



cédés d'extraction de l'aneurine de mélanges complexes, et de donner la préférence à l'acide acétique à 2 pour 100 (Hennessy et Cerecedo, *loc. cit.*).

La méthode donne donc d'emblée une valeur satisfaisante de la teneur en vitamine B_1 d'un produit naturel tel qu'une levure ou l'un de ses extraits.

IMMUNOLOGIE. — *Sur le rôle du cuivre dans l'atténuation du venin de vipère* (Vipera aspis) *par l'eau oxygénée.* Note de M. **Paul Boquet**, présentée par M. Louis Martin.

En recherchant si l'eau oxygénée est capable de diminuer ou même de supprimer la toxicité du venin de vipère (*Vipera aspis*), nous avons constaté les faits suivants :

Une solution de venin au 1/500e [1], dans de l'eau distillée ordinaire,

---

[1] Le venin utilisé dans toutes ces expériences tue régulièrement par voie veineuse, à la dose de $0^{mg},35$ par kilogramme d'animal, les lapins pesant de 2000 à 2500^g.

mélangée en parties égales (3^{cm^3}) à des solutions d'eau oxygénée préparées avec la même eau distillée [2], peut être rendue inoffensive pour le lapin (épreuve intraveineuse), après un séjour de 20 heures à 37°, ainsi qu'en témoignent les résultats ci-dessous.

Dilution de l'eau oxygénée.	Lapins éprouvés	
	avec trois doses mortelles de venin.	avec cinq doses mortelles de venin.
1/100e	survit	survit
1/200e	survit	survit survit survit
1/500e	survit survit	survit mort en 2 h.
1/1000e	survit survit	survit survit mort en 10 h. env.
1/5000e	mort en 4 min.	mort en 2 min.

Les dilutions d'eau oxygénée seules se montrent inoffensives aux doses utilisées précédemment, et les lapins auxquels on injecte par voie veineuse trois ou cinq doses mortelles de la solution témoin de venin dans l'eau distillée ordinaire, conservée 20 heures à 37°, meurent en 2 à 5 minutes.

Au contraire, lorsque les dilutions sont faites dans de l'eau redistillée dans un appareil en verre pyrex, le mélange venin + eau oxygénée ne subit aucune atténuation dans les mêmes délais. Tous les lapins qui reçoivent par voie veineuse trois ou cinq doses mortelles de venin additionné de 1/5000e à 1/100e d'eau oxygénée meurent en 2 à 5 minutes comme les témoins.

Il apparaît donc que l'eau distillée ordinaire employée dans ces expériences contient une substance qui favorise l'action de l'eau oxygénée sur le venin.

La première distillation étant effectuée dans un appareil en cuivre, nous avons pensé que la substance étrangère éliminée par une nouvelle distillation dans des vases en pyrex pouvait être le métal même, entraîné avec l'eau dans l'opération préliminaire. Les expériences ci-après ont établi que cette hypothèse était fondée :

[2] Eau oxygénée Rhône-Poulenc à 100 volumes, légèrement alcalinisée au préalable par NaOH (pH 7.5 à pH 7,8) et perhydrol Merck, également à 100 volumes, tel quel ou légèrement alcalinisé.

a. La recherche du cuivre, selon la technique de Thomas-Carpentier avec le réactif de Kastle-Meyer, a révélé la présence de traces de ce métal dans l'eau distillée ordinaire;

b. L'addition de quantités infinitésimales de cuivre, sous forme de sulfate (SO^4CU, $5H^2O$), a conféré à l'eau bidistillée des propriétés comparables à celles de l'eau distillée ordinaire.

Les huit lapins qui ont reçu par voie veineuse cinq doses mortelles de venin laissé en contact 20 heures à 37° avec des dilutions d'eau oxygénée allant de 1 pour 800 à 1 pour 100, en eau bidistillée + sulfate de cuivre (SO^4CU, $5H^2O$) à 10^{-6} de cuivre (1^{mg} par litre) ont survécu (³). Au contraire, les neuf lapins auxquels on avait injecté, par la même voie, les mêmes quantités de venin diluées dans de l'eau bidistillée + eau oxygénée seule à 1 pour 100 et à 1 pour 200, ou dans de l'eau bidistillée + sulfate de cuivre sont morts en 2 à 5 minutes.

En premier lieu, tous ces faits montrent avec quelle prudence il convient d'opérer lorsqu'on étudie des substances qui agissent à très faible dose sur des produits aussi toxiques que les venins. Ils apportent également la preuve que l'eau oxygénée détruit rapidement la toxicité du venin de vipère lorsque l'oxygène actif est fixé sur ce produit par l'intermédiaire d'un métal, en l'espèce le cuivre, qui jouerait alors le rôle d'un catalyseur.

Les résultats ainsi obtenus permettent d'entrevoir que maintes réactions immunologiques observées *in vitro*, et très vraisemblablement *in vivo*, peuvent être liées à l'intervention d'infiniment petits chimiques.

BACTÉRIOLOGIE. — *La transmission de la maladie de Nicolas et Favre par instillation nasale chez la souris blanche*. Note de Mlle **Rachel Schoen**, présentée par M. Louis Martin.

Nous avons réussi à transmettre la lymphogranulomatose inguinale par voie intranasale, en déterminant, chez la souris blanche, une infection

(³) L'atténuation du venin à 37° par l'eau oxygénée + cuivre est très rapide. Après 1 heure 30, les solutions venimeuses contenant 1/100e ou 1/200e d'eau oxygénée et 10^{-6} de cuivre se montrent déjà dépourvues de toxicité pour le lapin (épreuve intraveineuse à la dose de 1^{mg} par kilogramme). En outre, elle ne semble pas altérer les qualités antigéniques du venin. Deux lapins qui avaient supporté sans dommage trois doses mortelles de venin traité par l'eau oxygénée + cuivre, ont reçu ultérieurement quatre injections de venin traité de la même façon, à raison d'une injection par semaine. Ils ont résisté, 15 jours après la dernière immunisation, à une injection intraveineuse de venin pur, mortelle pour le témoin.

généralisée transmissible en série et constamment accompagnée d'altérations pulmonaires caractéristiques ([1]).

Technique. — Des souris de 17 à 18^g sont anesthésiées à l'éther sulfurique pendant une minute. Immédiatement après, elles reçoivent, par instillation nasale, goutte à goutte et très lentement, $0^{cm^3},1$ d'une émulsion de virus à $1/10^e$, soit de provenance névraxique (souche Kam. de souris ou de singes), soit du virus lymphogranulomateux activé par passages dans les néoplasmes sarcomateux ([2]). Les animaux ainsi infectés avec la première souche ne présentent pas de symptômes morbides apparents. Par contre, les souris inoculées avec le virus tumoral montrent, trois ou quatre jours après l'infection, des troubles respiratoires bien marqués; un certain nombre d'entre elles succombent au cours de la première semaine de la maladie.

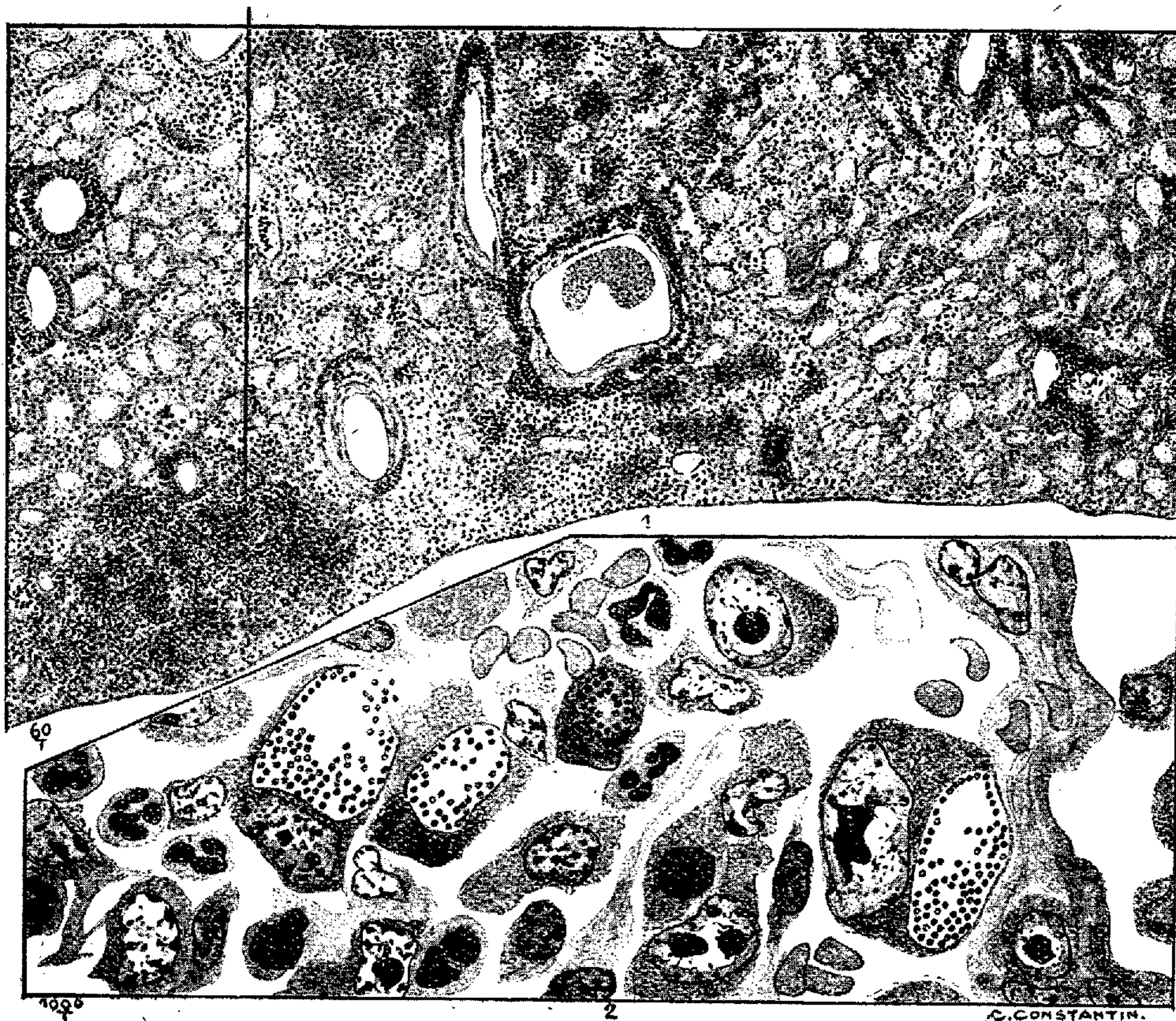
Les altérations microscopiques du poumon sont caractérisées par une périvascularite intense, avec formation de véritables lymphômes, et des lésions inflammatoires et prolifératives interstitielles, parfois très étendues. En outre, on constate souvent une exsudation polynucléaire intra-alvéolaire, avec hypertrophies des cellules endothéliales et caryocinèses. Or ces lésions pulmonaires s'accompagnent, au début de l'infection, d'une apparition de granulo-corpuscules lymphogranulomateux enkystés au niveau de foyers inflammatoires, ou inclus dans les grosses cellules endothéliales (voir *fig.* 1). Avec la progression de la réaction infiltrative, on observe le même processus involutif des granulo-corpuscules, signalés par nous, dans l'infection lymphogranulomateuse du névraxe et celle des tumeurs mésodermiques. Ces altérations pulmonaires sont très accusées chez des souris examinées entre le troisième et le douzième jour de la maladie, et elles sont, généralement, plus prononcées chez des animaux inoculés avec la souche néoplasique.

Nous avons effectué, à plusieurs reprises, de nombreux passages pulmonaires en série, en provoquant, d'une façon constante, les mêmes symptômes morbides avec des lésions caractéristiques du poumon.

([1]) La pneumonie lymphogranulomateuse du lapin et du cobaye, provoquée par inoculation du virus *directement* dans le poumon, a été décrite par Caminopetros et Photakis (*Bull. de la Soc. de Pathol. exotique*, **28**, 1935, p. 81). Par la suite, Haam et Hartwell, reprenant l'étude histologique du problème, constatent que les altérations pulmonaires sont bien caractéristiques seulement chez le lapin, tandis que la réaction chez le cobaye, de même que chez la souris, n'est pas spécifique (*Journ. Trop. Med. and Hyg.*, **40**, 1937, p. 214).

([2]) R. Schoen, *Ann. de l'Institut Pasteur*, **60**, 1938, p. 499.

La virulence lymphogranulomateuse du tissu pulmonaire a été chaque fois contrôlée, parallèlement, par des passages transcraniens aux souris et, d'autre part, par des inoculations sous-cutanées à des cobayes. Par ces deux méthodes, le virus a pu être régulièrement mis en évidence au cours



Souris 832, sacrifiée le 6e jour. Coupe de poumon.
1, lésions périvasculaires et foyer aigu interstitiel. Gross. 1/60. — 2, corpuscules lymphogranulomateux, enkystés dans les cellules endothéliales au niveau du foyer inflammatoire. Gross. 1/1000. Coloration orange-éosine-bleu de Unna.

du stade aigu de la maladie. L'infectiosité du poumon est très accusée. Ainsi, les dilutions du virus pulmonaire, provenant du cinquième et du septième passages, se sont montrées très virulentes au titre d'au moins à 1 : 500. Au début de l'infection on décèle également la présence du virus dans le sang et dans la rate, tandis que le névraxe se montre constamment stérile.

Conclusions. — Le virus de la maladie de Nicolas et Favre offre, chez la souris blanche, une affinité très accusée pour le tissu pulmonaire. Instillé par voie nasale, ce virus se localise dans le poumon et pullule *in situ*. L'infection intranasale provoque des lésions pulmonaires intenses, transmissibles en série, et accompagnées d'un développement caractéristique des granulo-corpuscules représentant le stade visible du virus lymphogranulomateux.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la vaccination contre le rouget du porc.* Note de M. **André Staub**, présentée par M. Louis Martin.

Le procédé de vaccination de Pasteur et Thuillier par cultures atténuées nécessite deux interventions espacées d'une douzaine de jours et n'est applicable qu'aux porcs âgés de moins de quatre mois.

Nous nous sommes demandé si la méthode qui nous a permis à Ramon et à nous-même d'obtenir un vaccin anticharbonneux unique très efficace et applicable à tous les animaux domestiques même les plus sensibles (¹) ne conduirait pas à des résultats semblables avec le Rouget.

Par l'exposition suffisamment prolongée à l'étuve d'une culture de bacille du Rouget au large contact de l'air, suivant la technique de Pasteur, nous avons obtenu une souche bien fixée, pratiquement avirulente, puisqu'à la dose de 1^{cm^3} une culture en bouillon de 24 heures laisse le pigeon indifférent et que 1/8 de centimètre cube provoque seulement un malaise passager à la souris.

(A titre de comparaison le premier vaccin pastorien, à la dose de 1/8 de centimètre cube, tue de 50 à 100 pour 100 des souris et pigeons.)

Cette culture utilisée seule procure déjà une immunité notable aux animaux de laboratoire. En lui adjoignant une substance adjuvante telle que la gélose au taux de 2 pour 1000, nous avons obtenu les résultats qui, à l'heure actuelle, se résument ainsi :

Des souris, des pigeons et des lapins ont reçu, les premières 1/8 de centimètre cube, les autres 1/4 de centimètre cube de vaccin.

De chaque lot, trois animaux ont été éprouvés quinze jours après, puis tous les trois mois.

Tous ces animaux ont bien supporté le vaccin et ont ensuite résisté à

(¹) G. Ramon et A. Staub, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 132.

l'épreuve virulente qui a tué tous les témoins en deux à quatre jours suivant l'espèce.

Le délai entre l'immunisation et l'épreuve est actuellement de un an pour la souris, 10 mois pour le lapin, 9 mois pour le pigeon.

Les expériences sur le porc, encore en cours, confirment jusqu'ici ces résultats.

Notre souche de bacille du Rouget a donc bien conservé, malgré l'atténuation très poussée de sa virulence, un pouvoir antigénique marqué que l'adjonction de gélose à la culture, en favorisant la multiplication du microbe *in situ*, permet de développer suffisamment pour obtenir une forte et durable immunité.

La séance est levée à 16h.

E. P.

ERRATA.

—

(Séance du 30 janvier 1939.)

Note de M. *Paul Lévy*, Sur un problème de M. Marcinkiewicz :

Page 319, n° 3, lignes 2 et 4, *au lieu de* $\sin^2\Phi_p$, *lire* $\frac{2}{\pi}\Phi_p$; ligne 7, *au lieu de* $\sin^2\Phi$, *lire* $\frac{2}{\pi}\Phi$.

En outre, remplacer les formules (3) à (5) par

$$(3)\qquad \frac{d}{dv}\Pr\{V<v\}=g_1(v)=\frac{2}{\pi}\sqrt{\frac{1-v}{v}}\qquad (0<v<1),$$

$$(4)\qquad \mathfrak{M}\{V^\alpha\}=\frac{1}{\alpha+1}\mathfrak{M}\{\sin^{2\alpha}\Theta\}\qquad \left(\alpha+\frac{1}{2}>0\right),$$

$$(5)\qquad f(v)=\frac{1}{2}[g_1(v)+g_1(1-v)]=\frac{1}{\pi\sqrt{v(1-v)}}\qquad (0<v<1).$$

Page 320, ligne 4, remplacer la formule par

$$F(0,x)=\frac{2}{\pi}\operatorname{Arc\,sin}\sqrt{x},\qquad G(0,0,T,x)=x\qquad (0<x<1).$$



Librairie-Imprimerie GAUTHIER-VILLARS

TÉL. : DANTON 05-11 et 05-12 **55, Quai des Grands-Augustins, PARIS (6e)**

Collection des Publications du Ministère de l'Air

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES DU MINISTÈRE DE L'AIR

Fascicules In-8 (27×18,5) se vendant séparément :

1. **ROY (Maurice).** — **Recherches théoriques sur le rendement et les conditions de réalisation des systèmes motopropulseurs à réaction.** Préface de M. JOUGUET. In-8 de 214 p., avec 53 fig.; 1930. **30 fr.**

2. **GAY (A.).** — **Recherches sur l'hydrodynamique des liquides visqueux.** Préface de M. Henri VILLAT. In-8 de VI-126 pages; 1931 .... **25 fr.**

3. **ALAYRAC.** — **Étude des écoulements irrotationnels dans l'espace.** In-8 de IV-47 p., avec fig.; 1931. **20 fr.**

4. **GIRAULT (Maurice).** — **Méthode géométrique de tracés de profils d'ailes et de corps fuselés.** — **Essai sur la viscosité en Mécanique des fluides.** In-8 de 34 pages, avec figures et 7 planches; 1931... **25 fr.**

5. **REBUFFET.** — **Soufflerie aérodynamique à dynamomètres électrométriques du Service des recherches de l'Aéronautique.** Avec préface de A. ALAYRAC. In-8 de 126 p., avec 82 fig. et planches; 1932. **30 fr.**

6. **FROMY.** — **Déviations radiogoniométriques à bord d'avion.** In-8 de 46 pages, avec 12 figures; 1932. **20 fr.**

7. **GODCHOT et CAUQUIL.** — **Contribution à l'étude physico-chimique des carbures cyclamiques,** 42 p.

CARRIÈRE et LAUTIÉ. — **Recherches des constituants des essences d'aviation par mesure de densités ou d'indices de réfraction ou de viscosités,** 22 pages.

SCHMITT. — **Étude comparative des colonnes à distiller en vue de la séparation des carbures d'hydrogène,** 14 pages.

Les trois Mémoires ensemble, formant un in-8 de 78 pages; 1932............................ **25 fr.**

8. **CARAFOLI (Élie).** — **Recherches expérimentales sur les ailes monoplanes, exécutées à l'Institut aérotechnique de Saint-Cyr.** Préface de M. TOUSSAINT. In-8 de 108 pages, avec 1 planche et 38 figures; 1932.................................. **25 fr.**

9. **MAGNAN (A.) et SAINTE-LAGÜE (A.).** — **Études des trajectoires et des qualités aérodynamiques d'un avion par l'emploi d'un appareil cinématique de bord.** In-8 de 104 pages, avec 72 figures et planches; 1932.. **25 fr.**

10. **TREMBLOT.** — **Applications des méthodes interférentielles à l'étude de l'écoulement des gaz aux grandes vitesses.** In-8 de 78 pages, avec 30 figures et 3 planches.................................. **20 fr.**

11. **DUCHÊNE (R.).** — **Étude de la combustion des mélanges gazeux.** In-8 de 70 pages, 31 figures et 8 planches.................................. **20 fr.**

12. **MAGNAN (A.) et SAINTE-LAGÜE (A.).** — **Sur la distribution des vitesses aérodynamiques autour d'un avion en vol.** In-8 de 62 pages, avec 51 figures. **20 fr.**

13. **ALAYRAC (A.).** — **Étude des écoulements irrotationnels dans l'espace à trois dimensions** (suite de la publication n° 3). In-8 de 92 pages, avec 10 figures. **25 fr.**

14. **DAMIAN (J.).** — **Méthode d'appréciation des lubrifiants.** In-8 de 28 pages, avec 5 figures et 1 planche. **9 fr.**

15. **LEDOUX (Cdt Ch.).** — **Étude de la déformation des hélices.** In-8 de 128 pages, avec 54 figures; 1932. **30 fr.**

16. **PONCIN (H.).** — **Recherches sur le mouvement d'un fluide pesant dans un plan vertical.** In-8 de 108 pages, avec 16 figures; 1932.............. **25 fr.**

17. **CHAMPSAUR (N.).** — **Étude sur la transmission de la chaleur à l'eau de refroidissement dans un moteur d'aviation. Application à la comparaison des carburants. Mesures de la détonation.** In-8 de 108 pages avec figures et graphiques; 1932... **30 fr.**

18. **PONCIN (H.).** — **Sur les cavitations de forme permanente.** Préface de M. Henri VILLAT. In-8 de 126 pages, avec 15 figures; 1932..................... **25 fr.**

19. **HERZOG.** — **Sur l'oxydation électrochimique de la protection du fer et des duralumins dans les solutions salines aérées.** Préface de M. Georges CHAUDRON. In-8 de 88 pages, avec 18 figures et 6 planches; 1933....................................... **25 fr.**

20. **BASTIEN.** — **Études des alliages magnésium-aluminium-cuivre riches en magnésium.** Préface de M. Léon GUILLET. — **Contribution à l'étude des propriétés de fonderie des métaux et alliages.** Préface de M. Albert PORTEVIN. In-8 de 144 pages, avec 170 figures dont un diagramme; 1933..... **30 fr.**

21. **ANDANT (A.).** — **Application de l'effet Raman et de l'absorption ultraviolette à l'identification des carbures d'hydrogène.** Préface de M. A. COTTON. In-8 de X-76 pages, avec 71 figures; 1933..... **25 fr.**

22. **SADRON.** — **État actuel des recherches expérimentales sur les anneaux de tourbillons dans les gaz. Contribution à l'étude expérimentale des phénomènes aérodynamiques aux faibles vitesses.** In-8 de 52 pages, avec 19 figures; 1933............ **20 fr.**

23. **AUBERT (Jean).** — **Contribution à l'étude de la corrosion du fer. Potentiels du fer et des constituants de l'acier dans les divers milieux : passivité, activité.** Préface de M. A. TRAVERS. In-8 de 68 pages, avec 11 figures; 1933...................... **20 fr.**

24. **LAFAY (A.).** — **Prévision de l'action du vent dont la direction varie rapidement. Applications à l'effet Katzmayr et à l'autorotation. Obtention des aérogrammes par réfringence. Modification du sillage des corps, première Partie.** In-8 de 50 pages, avec 9 figures; 1933.............................. **20 fr.**

25. **NOGUES (P.).** — **Recherches expérimentales de Marey sur le mouvement dans l'air et dans l'eau.** In-8 de 120 pages, avec 14 figures; 1933........ **30 fr.**

26. **BOUASSE.** — **Tourbillons donnés par les jets de très petites vitesses (Currentilignes).** In-8 de 102 p., avec 45 figures; 1933........................ **25 fr.**

27. **BOURDIOL.** — **Contribution à l'étude de la viscosité et de la congélation des huiles.** Préface de M. AUBERT. In-8 de 128 pages, avec 33 figures; 1933. **25 fr.**

28. **HARDOUIN (Maurice).** — **Étude des flux d'épuration et de protection du magnésium et de ses alliages pendant leur fusion dans les creusets et leur coulée dans les moules.** Préface de M. R. DE FLEURY. In-8 de 56 pages, avec 18 figures, 14 planches et 6 tableaux; 1933.............. **20 fr.**

29. **VASILESCO (Florin).** — **Sur le calcul du potentiel des vitesses en hydrodynamique.** In-8 de 36 pages; 1933 .... **15 fr.**

30. **ROUSSILHE (H.).** — **Annales de la photographie aérienne (1931-1932).** Tome I. In-8 de 134 pages, avec 3 planches; 1933........................ **25 fr.**

31. **CHAMPSAUR (N.).** — **Mesure de l'étanchéité intérieure des moteurs à explosion. Étude du gommage.** Préface de M. MARTINOT-LAGARDE. In-8 de 70 pages, avec 22 figures et 1 planche; 1933... **25 fr.**

32. **CAILLON (André).** — **La fonderie du magnésium.** Préface de M. R. DE FLEURY. In-8 de 150 pages, avec 70 figures; 1933.............................. **30 fr.**

33. **BOUHET (Ch.) et LAFONT (R.).** — **Recherches sur l'étalement de l'huile de ricin et de diverses glycérines à la surface de l'eau.** In-8 de 52 pages, avec 31 figures; 1933............................ **18 fr.**

34. **LECOMTE (Jean) et LAMBERT (Pierre).** — **Quelques applications des spectres d'absorption infrarouges à l'étude des constituants des essences (carbures à noyaux).** Préface de M. A. COTTON. In-8 de 142 pages, avec 87 figures et 1 tableau; 1933. **30 fr.**

35. **DURAND (Georges).** — **Sur les petits mouvements d'un système infini de tourbillons autour d'une position d'équilibre.** In-8 de 26 pages; 1933... **15 fr.**

36. **VERNOTTE (P.) et BLOUIN (E.).** — **Expériences sur le refroidissement d'un corps chaud par un courant d'air.** Préface de Ch. FABRY. In-8 de 90 pages, avec 6 figures, 3 graphiques et 4 planches; 1933. **25 fr.**

37. **MONNIN (Marcel).** — **Les assemblages de bois.** Tome I. In-8 de 112 pages, avec 42 figures et 3 planches en dépliant; 1933............................ **25 fr.**

38. **BOUTRY (G.-A.).** — **Mesure des densités photographiques par la méthode photoélectrique.** Préface de M. P. FLEURY. In-8 de 148 pages, avec 52 figures; 1934 .... **25 fr.**

39. **CAZAUD.** — **Recherches sur la fatigue des aciers.** Préface de M. A. CAQUOT. In-8 de 166 pages, avec 101 figures et 5 tableaux; 1934............... **30 fr.**

40. **ROY (Madeleine).** — **Contribution à l'étude du vieillissement de l'huile de ricin.** In-8 de 68 pages, avec 10 figures; 1934.......................... **18 fr.**

41. **REBUFFET.** — **Moments aérodynamiques de différents gouvernes.** In-8 de 130 pages, avec 91 figures; 1934.. **25 fr.**

42. **GIGNEAUX (M.).** — **Recherches sur le capotage des moteurs en étoile à refroidissement par l'air.** In-8 de 56 pages, avec 34 figures; 1934............. **20 fr.**

43. **CARRIÈRE (E.).** — **Recherches sur les constituants des « Pétroles » et des « Gasoils ». Essai d'établissement d'une méthode d'analyse quantitative.** In-8 de 38 pages, avec 4 courbes; 1934............. **15 fr.**

44. **FOURNIER (H.).** — **Étude sur les essais d'emboutissage des métaux.** In-8 de 70 pages dont 41 tableaux et 12 planches; 1934........................ **20 fr.**

45. **PARIS (René).** — **Contribution à l'étude des alliages ternaires.** In-8 de 94 pages, avec 59 figures, 26 tableaux et 8 planches; 1934............................ **25 fr.**

46. **BRIAULT (Madeleine).** — **Contribution à l'étude du graissage.** In-8 de 38 pages, avec 6 figures et 15 courbes; 1934.. **12 fr.**

47. **LE ROLLAND (Paul) et SORIN (Pierre).** — **Étude d'une méthode utilisant le couplage pour la détermination de la résistance mécanique des constructions.** In-8 de 184 pages, avec 49 figures; 1934. **30 fr.**

48. **ROULLEAU (Maurice).** — **Utilisation des substances phosphorescentes en aéronautique.** In-8 de 54 pages, avec 18 figures; 1934........... **15 fr.**

49. **ESTRADÈRE (Suzanne).** — **Recherches sur l'oxydation des carbures d'hydrogène et ses rapports avec la détonation des moteurs.** In-8 de 86 pages, avec 34 figures; 1934........................ **18 fr.**

50. **SCHÉRER (Maurice).** — **Sur des propriétés magnéto-optiques des liquides. Application à l'analyse des carbures d'hydrogène.** In-8 de 102 pages, avec 24 figures; 1934.............................. **20 fr.**

51. **BOUHET et LAMARCHE.** — **Recherches sur l'étalement des composants de l'huile de ricin.** In-8 de 46 pages, avec 30 figures; 1934........... **18 fr.**

52. **LEPRINCE-RINGUET (L.).** — **Étude et contrôle des huiles de graissage par la mesure des tensions interfaciales huile-eau.** In-8 de 34 pages; 1934. **9 fr.**

53. **GIRERD (H.).** **Contribution à l'étude expérimentale du biplan d'envergure infinie, première Partie.** In-8 de 140 pages, avec 3 figures et 6 planches; 1934. **25 fr.**

53 *bis*. Deuxième Partie. Album de planches. In-8 de 8 pages avec LXXV planches; 1934.................. **25 fr.**

54. **SCHMITT (Max).** — **Recherches sur la vaporisation des carbures d'hydrogène et des mélanges de carbures.** In-8 de 148 pages, avec 12 figures; 1934. **20 fr.**

55. **LUNTZ (M.).** — **Recherches sur la résistance des fluides dans un mouvement non permanent. Méthode des profils virtuels.** In-8 de 68 pages, avec 16 figures; 1934.......................... **15 fr.**

56. **PORTES.** — **Contribution à l'étude expérimentale des interactions d'une sonde et d'un corps de révolution.** In-8 de 110 pages, avec 57 figures; 1934. **18 fr.**

57. **MALAVARD.** — **Application des analogies électriques à la solution de quelques problèmes de l'hydrodynamique.** In-8 de 82 pages, avec 37 figures et XI graphiques; 1934...................... **15 fr.**

58. **OGÉE.** — **Recherches sur la résistance et la fatigue des aciers au carbone.** In-8 de 78 pages, avec 35 figures et 12 reproductions mécanographiques; 1934.. **15 fr.**

59. **LEMAINS.** — **Recherches sur l'écoulement et les pertes de charge à travers les grilles et les filtres à mailles.** In-8 de 60 pages, avec 39 figures; 1934. **12 fr.**

60. **WORONETZ.** — **Perturbations provoquées dans le mouvement d'un fluide par des variations de la température.** In-8 de 58 pages, avec 9 figures; 1934. **15 fr.**

61. **CHARRIOU.** — **Étude de la sensibilisation chromatique et de la désensibilisation des émulsions photographiques.** In-8 de 240 pages, avec 73 fig.; 1935. **25 fr.**

62. **DURAND et LAÏ-WAÏ-HSUN.** — **Étude de l'oxydation par l'anhydride permanganique des hydrocarbures purs existant dans les essences et autres carburants.** In-8 de 46 pages, avec 5 fig.; 1935. **10 fr.**

63. **BRUN.** — **Phénomènes thermiques provoqués par le déplacement relatif d'un solide dans un fluide.** In-8 de 94 pages, avec 38 figures; 1935....... **18 fr.**

64. **GOLDOWSKI.** — **Contribution à l'étude de la corrosion.** In-8 de 154 pages, avec 77 figures; 1935. **20 fr.**

65. **SADRON (Ch.).** — **Turbulence et frottement turbulent. Théorie de Karman** In-8 de 74 pages avec [illegible]

66. **MAMAN (André).** — **Contribution à l'étude des hexanes et de quelques carbures d'hydrogène.** In-8 de 64 pages avec 11 figures et tableaux; 1935. **12 fr.**

67. **BOUASSE (H.).** — **Phénomènes dans les fluides tournants.** In-8 de 234 pages avec 98 fig.; 1935. **25 fr.**

68. **SANTON (Lucien).** — **Contribution expérimentale à l'étude des souffleries supersoniques.** In-8 de 96 pages avec 49 figures; 1935 .... **18 fr.**

69. **DONCESCU.** — **Détermination des températures de gaz pendant la détente dans les moteurs à explosion.** In-8 de 72 pages avec figures; 1935 .... **12 fr.**

70. **ELCHARDUS (Émile).** — **Recherches sur l'analyse thermique des alliages ternaires. Application aux alliages magnésium, silicium, zinc, riches en magnésium.** In-8 de 140 pages avec 129 figures; 1935. **20 fr.**

71. **LUNTZ (M.) et SCHWARZ.** — **L'hydrodynamique du cylindre tournant.** In-8 de 42 pages avec 40 figures et 16 photographies; 1935 .... **12 fr.**

72. **PORTIER (Henri).** — **Les transpositions de matériaux en construction.** In-8 de 166 pages avec 74 figures; 1935 .... **20 fr.**

73. **VALENSI (Jacques).** — **Étude de l'écoulement de l'air autour d'une hélice.** In-8 de 258 pages avec 186 figures; 1935 .... **25 fr.**

74. **ALAYRAC (A.).** — **Études des écoulements irrotationnels dans l'espace à trois dimensions** (suite des n°s 3 et 13). In-8 de 124 pages; 1935 .... **20 fr.**

75. **DE FLEURY (R.).** — **Le magnésium dans les constructions aéronautiques.** In-8 de 120 pages, avec 61 figures; 1935 .... **20 fr.**

76. **DUCHÊNE (Émile).** — **Étude expérimentale sur la stabilité transversale des avions.** In-8 de 102 pages, avec 34 figures; 1935 .... **18 fr.**

77. **SERRUYS (M.) et TCHANG TE LOU.** — **Influence des caractéristiques atmosphériques sur la puissance des moteurs à explosion.** In-8 de 42 pages, avec 19 figures; 1935 .... **10 fr.**

78. **LAURE (Yvon).** — **Contribution à l'étude de l'explosion des mélanges hydrocarburés.** In-8 de 74 pages, avec 45 figures; 1935 .... **15 fr.**

79. **LAFAY.** — **Balance aérodynamique permettant le tracé continu des polaires. Effets singuliers produits par de très légères modifications de structure du vent. Contribution expérimentale à l'aérodynamique du cylindre et à l'étude du phénomène de Magnus.** In-8 de 56 pages, avec 18 figures; 1935. **15 fr.**

80. **GRANIER (J.).** — **Recherches sur les propriétés diélectriques du caoutchouc.** In-8 de 62 pages, avec 25 figures; 1935 .... **12 fr.**

81. **GIRARD (A.).** — **Les constituants de la rouille.** In-8 de 80 pages avec 49 figures .... **15 fr.**

82. **COLOMBIER (L.).** — **L'état passif des métaux. Étude de la passivité du nickel.** In-8 de 104 pages avec 11 figures; 1936 .... **15 fr.**

83. **DELFOSSE (M.).** — **Sur le couple des roulements à billes.** In-8 de 72 pages avec 35 fig.; 1936. . **12 fr.**

84. **NICOLSKY (V.-A.).** — **Recherche des contraintes dans les poutres de hauteur variable.** In-8 de 62 pages avec 24 figures; 1936 .... **10 fr.**

85. **Mlle L. DOUSSIN et Fernand FOURNIER.** — **Observations sur le laminage des alliages magnésium-aluminium.** In-8 de 26 pages avec 15 figures et 12 planches; 1936 .... **12 fr.**

86. **NÉNADOVITCH (Miroslav).** — **Recherches sur les cellules biplanes rigides d'envergure infinie.** In-8 110 pages avec 65 figures et 146 planches; 1936. **25 fr.**

87. **DEMONTIS (Jean).** — **Recherches sur l'influence de l'angle d'ouverture d'un ajustage divergent, sur l'écoulement à deux dimensions de l'air à travers cet ajustage.** In-8 de 72 pages, avec 35 figures; 1936 .... **12 fr.**

88. **GRARD (Jean).** — **Enduits cellulosiques pour toiles d'avions.** In-8 de 22 pages, avec 8 figures; 1936. **6 fr.**

89. **BLONDEL (Robert).** — **Étude du système antimoine-étain-zinc et contribution à l'étude des antifrictions à base de zinc.** In-8 de 86 pages, avec 48 figures et 2 planches; 1936 .... **15 fr.**

90. **CHARRON (Fernand).** — **Électromètre. Plan-sphère à suspension bifilaire.** In-8 de 20 pages, avec 6 figures; 1936 .... **6 fr.**

91. **PROT et GOLDOWSKI.** — **Étude de la susceptibilité corrosive des métaux par la méthode colorisco-pique et par la méthode des éprouvettes minces** In-8 de 56 pages, avec 33 figures; 1936 .... **12 fr.**

92. **SACKMANN (Louis).** — **L'écoulement des fluides au voisinage des points singuliers des obstacles.** In-8 de 108 pages, avec 53 figures; 1936...... **18 fr.**

93. **HÉRENGUEL (Jean).** — **Sublimation et distillation du magnésium et du calcium.** In-8 de 70 pages, avec 25 figures et 2 planches; 1936 .... **12 fr.**

94. **DUCHÊNE (P.).** — **Étude expérimentale de la combustion dans les moteurs à injections.** In-8 de 22 pages, avec 13 figures; 1936 .... **6 fr.**

95. **CRAUSSE (E.).** — **Contribution à l'étude expérimentale de phénomènes transitoires et de phénomènes périodiques se produisant dans les liquides en mouvement.** In-8 de 112 pages, avec 53 figures; 1959 .... **15 fr.**

96. **LABARTHE (André).** — **Nouvelles Méthodes de Mesures Mécaniques.** Préface de M. BÉGHIN In-8 de 276 pages, avec 283 figures; 1936 .... **25 fr.**

97. **TCHANG TE LOU.** — **Contribution à l'étude de l'allumage et de la combustion dans les Moteurs à explosion.** In-8 de 136 p., avec 36 fig.; 1936. **18 fr.**

98. **BAUBIAC (J.).** — **Étude expérimentale en régime transitoire du sillage et de la résistance des corps immergés.** In-8 de 100 p., avec 45 fig.; 1936. **15 fr.**

99. **ANDANT (A.).** — **Application de la spectrographie Raman à l'Analyse des essences minérales.** In-8 de 70 pages, avec 27 figures; 1936 .... **15 fr.**

100. **SCHWARZ (P.).** — **Recherches sur les tourbillons alternés.** In-8 de 142 p., avec 58 fig.; 1937... **20 fr.**

101. **ESTRADÈRE.** — **Étude thermique de l'Oxydation lente des Carbures d'hydrogène.** In-8 de 66 pages, avec 43 figures; 1937 .... **12 fr.**

102. **ROCARD et MORLON.** — **Étude de Silencieux pour Moteurs d'Aviation.** In-8 de 42 pages, avec 16 figures; 1937 .... **10 fr.**

103. **SERRUYS.** — **La Combustion détonante dans les Moteurs à explosion.** In-8 de 232 pages, avec 122 figures; 1937 .... **25 fr.**

104. **LEDOUX.** — **Procédés pratiques de mesures précises de la vitesse de diffusion des gaz à travers les membranes.** In-8 de 68 p., avec 16 fig.; 1937. **15 fr.**

105. **TRICHÉ.** — **Application de l'Analyse spectrographique à l'étude des alliages.** In-8 de 76 pages, avec 29 figures; 1937 .... **12 fr.**

106. **SUPPER.** — **Photoélasticimétrie et apsidométrie.** In-8 de 72 pages, avec 48 figures; 1937 ...... **12 fr.**

107. **ROULLEAU.** — **Action des basses températures rencontrées en photographie aérienne sur la sensibilité des émulsions.** In-8 de 92 pages, avec 54 figures; 1937 .... **15 fr.**

108. **RIABOUCHINSKY (D.). — Améliorations des qualités aérodynamiques des profils d'aile à grandes vitesses.** In-8 de 138 pages, avec 96 fig., 7 vues stéréoscopiques et 7 planches; 1937 .... 20 fr.

109. **ROSSIGNOL (J.). — Recherches de la forme d'équilibre de deux tourbillons cylindriques.** In-8 de 58 pages; 1937 .... 10 fr.

110. **VAGNER. — Résistance des sphères en mouvement accéléré dans un fluide.** In-8 de 132 pages, avec 52 fig.; 1937 .... 15 fr.

111. **A. FORTIER. — Contribution à l'étude de la viscosité de l'air et des gaz.** In-8 de 82 pages, avec 25 figures; 1937 .... 15 fr.

112. **BRUN (Edmond). — Phénomènes thermiques provoqués par le déplacement relatif d'un solide dans un fluide** (suite de la Publication N° 63). In-8 de 38 pages, avec 15 figures; 1937 .... 10 fr.

113. **CHARRON (Fernand). — Perfectionnements à l'électromètre bifilaire pour haute tension.** In-8 de 17 pages, avec 5 figures; 1937 .... 6 fr.

114. **CHARTIER (Charles). — Chronophotogrammétrie plane et stéréoscopique.** In-8 de 192 p., 118 fig., 95 pl. et 18 reproductions photographiques; 1937... 25 fr.

115. **SERRUYS (Max). — Étude expérimentale de l'allumage par point chaud dans les moteurs à explosion.** In-8 de 52 p., avec 47 fig.; 1937.. 10 fr.

116. **CHARRIOU (A.) et VALETTE (Suzanne). — Films indéformables pour la photographie aérienne.** In-8 de 110 pages, avec 37 figures; 1937..... 20 fr.

117. **CAPELLE (Jean). — Étude de la Génération des engrenages par la méthode des roulettes.** In-8 de 138 pages, avec 107 figures; 1938 .... 18 fr.

118. **RIABOUCHINSKY. — Contribution à l'étude des hélices.** In-8 de 130 pages, avec 110 figures et 16 planches; 1938 .... 25 fr.

119. **BRUN (E.). — Répartition des températures sur une aile d'avion. Application aux phénomènes de givrage.** In-8 de 54 pages, avec 44 figures; 1938. 12 fr.

120. **RAVILLY (E.). — Contribution à l'étude de la rupture des fils métalliques soumis à des torsions alternées.** In-8 de 198 pages, avec 95 figures; 1938 .... 30 fr.

121. **LABAT (J.). — Applications aérodynamiques de la méthode de chronophotogrammétrie plane.** In-8 de 106 pages, avec 33 figures et 27 photographies; 1938 .... 20 fr.

122. **CHAILLOUX (Mlle). — Le module d'élasticité des alliages légers et sa variation avec la température.** In-8 de 28 pages, avec 7 figures; 1938.... 8 fr.

123. **SILBER (R.). — Étude de l'adaptation et du fonctionnement de l'ensemble : Planeur-Moteur-Propulseur.** In-8 de v-322 pages, avec 216 figures; 1938 .... 40 fr.

124. **CHARRIOU (A.) et Mlle S. VALETTE. — Recherches sur la gélatine photographique.** In-8 de 62 pages, avec 20 figures; 1938 .... 12 fr.

125. **COSTE (H.). — Étude générale sur les segments de moteurs.** In-8 de 102 pages, avec 62 figures; 1938 .... 20 fr.

126. **SILBER (R.). — Étude expérimentale d'une maquette d'avion complet.** In-8 de 196 pages, avec 157 figures; 1938 .... 28 fr.

127. **CAMICHEL (C.) et ESCANDE (L.). — Similitude hydrodynamique et technique des modèles réduits.** In-8 de III-368 pages, avec 416 figures; 1938. 50 fr.

128. **VALENSI (Jacques). — Application de la méthode des filets de fumée à l'étude des champs aérodynamiques (maquettes d'avions, ailes d'avions).** 30 fr.

129. **GRARD (Jean). — Vieillissement artificiel et naturel des enduits acétocellulosiques pour toiles d'avions.** 12 fr.

130. **CAILLON (André). — La fusion industrielle du magnésium et ses moulages en sable**..... 30 fr.

131. **CHARRON (Fernand). — Recherches sur un procédé de détermination de l'onctuosité des lubrifiants** .... 10 fr.

132. **PESCHARD (Marcel). — Mémoire sur l'énergie d'activation des hydrocarbures et l'indice d'octane.** 12 fr.

133. **HABREKORN (R.). — Étude sur la mesure de la souplesse des vernis pour métaux**......... 12 fr.

134. **PIVKO (S.). — Contribution à l'étude de l'hélice dans le domaine du point fixe et de son interaction avec l'aile sustentatrice** .... 35 fr.

135. **DUBOIS (G.). — Contribution à l'étude de la turbulence en soufflerie** .... 20 fr.

OUVRAGES INTÉRESSANT L'AVIATION ET LA NAVIGATION AÉRIENNE

ANNUAIRE POUR l'AN 1939, publié par le *Bureau des Longitudes*. In-8 (19-13) de 684 pages, avec 5 cartes célestes en couleurs, 2 cartes magnétiques de la France et de l'Indochine, 2 Notices scientifiques; 1939.

Broché......... 25 fr. | Cartonné......... 35 fr.

BANKS (F. R.). — Moteurs d'aviation modernes et carburants. Traduit par G. Thénault et J. Journeau. — Conférence faite devant *The Institution of Petroleum Technologists, The Institution of Automobile Engineers, The Royal Aeronautical Society*. Un volume in-8 (27-18,5) de 112 pages, avec figures .... 40 fr.

ÉPHÉMÉRIDES AÉRONAUTIQUES 1939, d'après la **Connaissance des Temps pour 1939**, publiées par le *Bureau des Longitudes* pour le Ministre de l'Air. In-8 (17-23) de II-730 pages, avec supplément sous carton de 24 pages; 1939 .... 100 fr.

ÉPHÉMÉRIDES NAUTIQUES ou Extrait de la Connaissance des Temps pour 1939, publiées par le *Bureau des Longitudes*, spécialement à l'usage des Marins. In-8 (25-16) de 150 pages, 2 planches; 1938 .... 19 fr.

DUVAL (A.-B.), Lieutenant de vaisseau de réserve, Pilote-Aviateur, et **HEBRARD (L.)**, Capitaine au 21e Régiment d'Aviation, Pilote-Aviateur. — **Traité pratique de navigation aérienne.** Un volume in-8 (25-16) de VI-212 pages, avec 142 figures, 7 planches, 3e édition; 1935..... 50 fr.

DEMTCHENKO (Basile), Docteur ès sciences. — **L'Alimentation en combustible des moteurs d'aéronautique par le système A. M.** Préface de M. P. Dumanois. Un volume in-8 (25-16) de XXVI-240 pages, avec 75 figures dans le texte. Cartonné .... 90 fr.

POINTIS (Jean). — Cours supérieur de pilotage aux instruments. La maîtrise du P. S. V.. Un volume in-8 (25-16) de 106 pages .... 15 fr.

Collection des Publications du Ministère de l'Air (*suite*)

BULLETINS TECHNIQUES DU MINISTÈRE DE L'AIR

Fascicules in-4 (31×21) se vendant séparément :

ALAYRAC (le Commandant). — L'atmosphère Standard du Service technique.......... 12 fr.

ROBERT (le Lieutenant-Colonel). — Aérodynamique. Recherches expérimentales (Fascicule I : *Profils d'ailes*).......................... (*Epuisé.*)

GRARD (le Colonel). — L'unification et les produits Standards dans la mobilisation industrielle de l'Aéronautique.......................... 15 fr.

RIABOUCHINSKY (D.). — Aperçus théoriques sur la Mécanique des fluides.................. 25 fr.

ROBERT. — Aérodynamique. Recherches expérimentales (Fascicule III : *Profils d'ailes. Maquettes d'avions et hydravions*).................. 25 fr.

ALAYRAC (le Lieutenant-Colonel). — Étude théorique du vol plané dans une atmosphère en mouvement.................................. 20 fr.

ROBERT. — Aérodynamique. Recherches expérimentales (Fascicule IV : *Résistance à l'avancement de fils métalliques fuselés*).................. 20 fr.

HUGUENARD (E.), **MAGNAN** (A.) et **PLANIOL** (A.). — Les appareils à fils chauds, leur application à l'étude des mouvements atmosphériques. (*Épuisé.*)

BEYNE, Médecin principal; **MAZER**, Ingénieur, et **GRENIER** (M.). — Inhalation d'oxygène pour le vol à haute altitude...................... (*Épuisé.*)

WACHE. — Contribution à l'étude de la dissolution de l'aluminium et de ses alliages dans les acides.................................. 15 fr.

ALAYRAC, Ingénieur en chef H. C. de l'Aéronautique. — Étude théorique du vol par battements.. 15 fr.

LAPRESLE (A.). — Études expérimentales des voilures tournantes...................... 15 fr.

LAPRESLE. — Contribution à l'étude expérimentale du champ aérodynamique autour d'un profil sustentateur.............................. 25 fr.

FRANK. — La traversée aérienne de l'Atlantique Nord.................................. 20 fr.

ROCARD et **ROTHSCHILD** (de). — Rôle de la lumière diffusée par l'atmosphère dans la visibilité.................................. 20 fr.

HUGUENARD (E.), **PLANIOL** (A.) et **MAGNAN** (A.). — Étude sur les manographes et les indicateurs de pression...................... 15 fr.

PRIS. — Recherches expérimentales sur la théorie des surfaces portantes. Récupération de l'énergie tourbillonnaire...................... (*Épuisé.*)

HUGUENARD (E.), **PLANIOL** (A.) et **MAGNAN** (A.).— Étude sur les accélérations et les vitesses angulaires du vent naturel.................. 15 fr.

ETEVÉ. — Amélioration du rendement des moteurs à explosion.............................. 15 fr.

FRAICHET (L.). — Détermination rationnelle des éléments d'un filetage...................... 15 fr.

LECŒUVRE et **CAZAUD.** — Recherches métallographiques sur l'aluminium et ses alliages. 30 fr.

LEYGUES (le Lieutenant). — Études sur les hélices métalliques.............................. (*Epuisé.*)

DUCHÊNE (R.). — Contribution à l'étude des déflagrations dans les mélanges carburés gazeux. 18 fr.

LEROUX (E.). — Note sur l'adaptation des hélices aériennes. L'action de l'hélice dans le vol piqué des avions.............................. 15 fr.

SABATIER (J.). — Étude sur les moyens d'éviter les incendies à bord des avions.................. 15 fr.

STAPFER (P.). — Analyse des expériences aérodynamiques faites en vol à bord du dirigeable « Méditerranée »................................ 25 fr.

58. **MAGNAN** (A.). — Étude de théorie du poisson. 75 fr.

59. **BRISSOT** (A.). — Étude sur les longueurs de roulement au décollage et à l'atterrissage des avions. (*Epuisé.*)

60. **LEDUC** (R.). — Contribution à l'étude des poutres prismatiques.............................. 30 fr.

61. **FRAICHET.** — Erreurs de mesures. Erreurs et tolérances de fabrication des calibres. Interchangeabilité des pièces filetées.................. 20 fr.

62. **MAGNAN** (A.). — Détermination expérimentale des polaires d'avions en vol...................... 30 fr.

63. **DUPONT.** — Application des tourbillons conjugués à l'aérodynamique du cercle et des profils. Construction de profils d'ailes. Mesure des pressions de section médiane d'une aile.................. 40 fr.

64. **AMIEL** (J.), **GHEORGHIU** (T. D.) et **ANDANT** (A.). — Oxydation du benzène. Absorption des spectres visibles de quelques huiles minérales. Spectres d'absorption ultraviolets de quelques carbures d'hydrogène.............................. 25 fr.

65. **LANDWERLIN** (H.) et **SUARD** (L.). — Essais et calculs des roues et des organes amortisseurs. 20 fr.

66. **LAPRESLES** (A.). — Girouette aérodynamique et stabilité de forme des planeurs............ 35 fr.

67. **RIABOUCHINSKY** (D.). — Aperçus théoriques sur la Mécanique des fluides.............. 30 fr.

68. **CAZAUD.** — Recherches sur la fatigue des métaux.................................. 25 fr.

69. **MAGNAN** (A.) et **SAINTE-LAGUË** (A.). — Hodographes et polaires d'avions.............. 30 fr.

70. **FRAICHET** (L.). — Interchangeabilité des pièces filetées.................................. 15 fr.

71. **MAGNAN** (A.). — Résistance à l'avancement et puissance des poissons.................... 50 fr.

72. **PROT** (Marcel). — Contribution à l'étude expérimentale des forces électromotrices de dissolution.................................. 40 fr.

73. **HUGUENARD** (E.), **PLANIOL** (A.) et **MAGNAN** (A.). — Appareils pour la mesure des phénomènes atmosphériques.......................... 25 fr.

74. **MAGNAN** (A.). — Le vol des oiseaux et le vol des avions.................................. 120 fr.

75. **CHAMPSAUR** (N.). — Mesure des quantités de chaleur évacuées par l'eau et par l'huile dans les moteurs d'aviation.......................... 45 fr.

76. **DAVIOT**, **SCHNERB** et **BASTIEN.** — Théorie succincte de la navigation aérienne......... 8 fr.

77. **DUPONT** (Paul). — Contribution à l'étude du vol en atmosphère agitée. Texte................ 20 fr.
Atlas de 41 planches...................... 80 fr.

78. **MIRLES** (A.). — Contribution à l'étude du givrage. 15 fr.

79. **CHARRIOU** (A.) et **Mlle S. VALETTE.** — Observation rapide de négatifs en photographie aérienne. 12 fr.

80. **BALDIT** (Albert). — Les sondages à deux théodolites à la Banne d'Ordanche.................. 15 fr.

81. **RETEL** (René). — Contribution à l'étude de l'injection dans les moteurs Diesel............ 18 fr.

82. **SALEZ** (Jacques). — Résultats de mesures en vol de couples de moteurs...................... 10 fr.

83. **PRIS** (R.). — Aérodynamique expérimentale. Tome I.................................. 45 fr.

83 *bis* **PRIS** (R.). — Aérodynamique expérimentale. Tome II, atlas de planches.................. 45 fr.

B.—Les publications du Ministère de l'Air ne sont fournies qu'en compte ferme. Aucun retour ne pourra être accepté



illuminez votre hiver...

EN PRENANT
QUELQUES JOURS DE VACANCES

AUX SPORTS DE NEIGE  **AU SOLEIL DU MIDI**

POUR VOUS Y RENDRE PROFITEZ

des facilités S.N.C.F.

Billets de **SÉJOUR**
20 ou **25** % de REDUCTION
valables 40 jours

Billets de **FAMILLE**
75 % de RÉDUCTION
à partir de la troisième personne
valables 40 jours.

Billets de **GROUPE**
50 % de RÉDUCTION
valables 20 jours

Billets **POPULAIRES**
ou de LOISIRS AGRICOLES
40 % de RÉDUCTION
valables 31 jours
etc...



Si vous êtes sportifs

POUR ALLER VOUS LIVRER AUX PLAISIRS DE NEIGE CHAQUE SEMAINE
profitez des avantages
du Billet de **WEEK-END**
50 % de RÉDUCTION
valable 3 jours 1/2 ou 4 jours 1/2
de la carte d'**ABONNEMENT**
A PRIX RÉDUITS
valable 3 mois ou la saison entière

Pour vous documenter :

RENSEIGNEZ-VOUS DANS LES GARES ET LES AGENCES **S.N.C.F.**
CONSULTEZ LES "FICHES PLAISIRS DE NEIGE" ET LE BULLETIN D'ENNEIGEMENT.
DEMANDER LE DÉPLIANT PLAISIRS DE NEIGE EN FRANCE ET LES DÉPLIANTS RÉGIONAUX.

S.N.C.F.5

N° 10

TABLE DES ARTICLES (*suite*)

COMMISSIONS (*suite*).

CORRESPONDANCE.

N° 10.

TABLE DES ARTICLES (*suite*).

CORRESPONDANCE (*suite*).

1939

PREMIER SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS

TOME 208

N° 11 (13 Mars 1939).

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Quai des Grands-Augustins, 55

1939

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LA SÉANCE DU 13 JUILLET 1835
ET MODIFIÉ DANS LES SÉANCES DES 24 FÉVRIER 1840, 23 JUIN 1862, 24 MAI 1875, 8 JUIN 1925.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y deux volumes par année.

ARTICLE 1. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus *quatre* pages par numéro.

Un membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de *dix* Notes par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les *dix* Notes accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus *trois* pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de *huit* Notes par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne porte en rien préjudice au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de la discussion.

Les Rapports relatifs aux prix décernés ne sont imprimés dans les *Comptes rendus* qu'autant qu l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en séanc publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Savant étrangers à l'Académie.*

Les Notes des personnes qui ne sont pas Membres o Correspondants de l'Académie ne peuvent pas dépasse *deux* pages *et demie*. Le nombre des Notes d'u même auteur ne peut être supérieur à *cinq* par année

Les Membres qui présentent ces Mémoires son tenus de les réduire au nombre de pages requis. L Membre qui fait la présentation est toujours nommé mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrai autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le fon pour les articles ordinaires de la correspondance offi cielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remi à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'êtr remis à temps, le titre seul du Mémoire est insér dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoy au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches ni figures.

Des figures ne pourraient être exceptionnellemen autorisées que si elles étaient déposées sur le Burea en même temps que la Note présentée. L'espace occupé par ces figures compté alors pour l'étendue réglemen taire.

Le tirage à part des articles est aux frais de auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapport et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrativ fait un rapport sur la situation des *Comptes rendu* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du pré sent règlement.

NOTA. — *La page comprend* 38 *lignes de* 67 *lettres ou intervalles.*

AVIS AUX AUTEURS

Les références bibliographiques des Notes destinées aux *Comptes rendus* doivent être aussi complètes que possible e comprendre, par exemple pour les Périodiques, l'indication du tome, de l'année et de la page.

(*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1057.)

Les auteurs qui ne se conformeront pas à cette règle seront exposés à voir leurs Notes retardées jusqu'à ce que les indi cations jugées nécessaires et signalées *sur les épreuves* aient été fournies.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont prié de les déposer au Secrétariat au plus tard le samedi qui précède la séance, avant 5 heures. Autrement la présentation sera remis à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 MARS 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation du décret, en date du 10 mars 1939, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **BERNARD LYOT** pour occuper dans la Section d'Astronomie la place vacante par le décès de M. *Aymar de La Baume Pluvinel*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président M. **BERNARD LYOT** prend place parmi ses Confrères.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à MM. **COSTANTINO GORINI**, professeur à l'Université de Milan, et **GUISEPPE SANARELLI**, professeur à l'Université de Rome, Correspondants de l'Académie pour les Sections d'Économie rurale et de Médecine et Chirurgie, qui assistent à la séance.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** annonce à l'Académie que le tome 206 (premier semestre 1938) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. **ARMAND DE GRAMONT** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *Problèmes de la vision*.

NOMINATIONS.

M. **MAURICE CAULLERY** est délégué pour représenter l'Académie au *Septième Congrès international de génétique*, qui se tiendra à Edimbourg du 23 au 30 août 1939.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les parcs nationaux du Congo belge.*

2° 1587-1937. Hortus academicus Lugduno-Batavus. The Development of the Gardens of Leyden University, by H. Veendorp, *hortulanus* and L. G. M. Baas Becking, *praefectus horti.*

3° *Aperçu général sur la végétation du Maroc* et *Carte phytogéographique du Maroc* 1 : 1500000e par Louis Emberger.

4° R. P. Emile Housse. *Une épopée indienne. Les Araucans du Chili.*

5° *Inauguration officielle de la cathédrale de Reims. Fêtes et cérémonies des* 9 *et* 10 *juillet* 1938.

GÉOMÉTRIE. — *Représentation géométrique de la* quatrième dimension *etc.* Note (1) de M. Carl Benedicks.

1. Nous avons usé d'une méthode de translation à deux *objets*, A et B, qui facilite la génération des parallélépipèdes à n dimensions (P_n) (2). Ces P_n, généralement obliques et d'arêtes arbitraires, permettent d'élucider une question d'intérêt général : si x représente une droite, x^2 un carré, x^3 un cube, qu'est-ce que signifie x^4 ? (3). La tâche est de représenter les puissances successives, en se servant d'axes, dont *les trois premiers doivent être perpendiculaires*, comme les arêtes d'un cube.

2. Regardons les trois axes d'un point de la diagonale : les angles apparents seront de 120°. Désignons par x_1 un de ces axes. Pour x_2, il y a deux possibilités; choisissons l'axe atteint par x_1 après une rotation de 120°, dans le sens des aiguilles d'un cadran. La direction x_3 doit *différer de la direction* x_2 *comme celle-ci diffère de la direction* x_1 : par conséquent, la

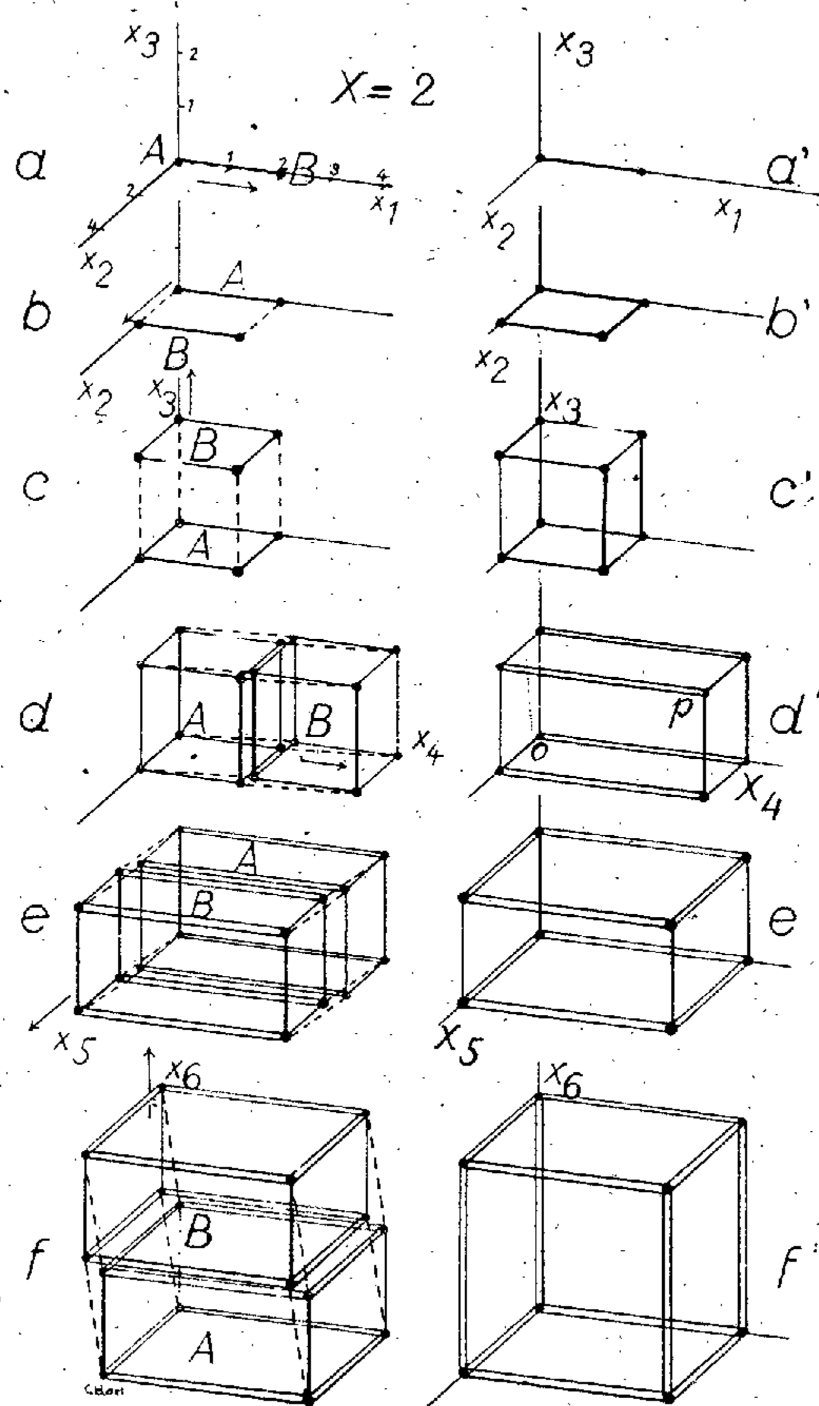
(1) Séance du 23 janvier 1939.

(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 700.

(3) Cf. F. Westaway, *Obsessions... of the Human Intellect.*, 1938, p. 145.

direction x_3 coïncide avec le troisième axe, non désigné jusqu'ici. Ainsi, les directions x_1, x_2, x_3 sont nettement définies selon la rotation choisie.

Si maintenant on désire introduire un axe x_4, sa direction doit différer de la direction x_3 comme celle-ci diffère de x_2. *La direction x_4 doit donc*



coïncider avec la direction x_1, car il serait absurde de changer la rotation. Si l'on choisit dès le début la rotation inverse, x_4 coïncidera toujours avec x_1.

De même x_5 *coïncidera avec* x_2 etc., et x_n *avec* x_{n-3}.

Cette *périodicité de direction* est confirmée par la signification géométrique de la multiplication des nombres complexes [4].

3. Admettons maintenant trois axes perpendiculaires x_1, x_2, x_3 (*fig. a*).

---

[4] Voir note de l'auteur, *Actes du Congrès des Math. scand.*, Helsingfors, 1938.

Représentons-y les puissances x^1, x^2, ..., x^6, en nous servant de la méthode de translation précitée. Comme exemple faisons $x = 2$.

La perpendicularité des axes ne change rien pour les puissances x^1, x^2, x^3 (*fig.* a, a'; b, b'; c, c'). Par contre, la translation x^4 demande certaines précautions, car elle se fait le long d'un axe, x_4, dont la direction doit coïncider avec celle de x_1. Notre objet A (*fig.* d) est le P_3 de la figure c'; l'objet identique B (*fig.* d) subira, pour la clarté du dessin, une translation un peu > 2, le long d'un axe x_4 qui diffère un peu de x_1.

Le P_4 ainsi obtenu a le même caractère que le P_4 oblique (*loc. cit.*, *fig.* d). Le passage à la limite ($x_4 \equiv x_1$, transl. $\equiv 2$) demande un léger ajustement. 1° A et B ayant le même caractère topologique, leurs faces jumelles doivent disparaître. 2° Les deux suites de coordonnées $x_1 + x_4$, très rapprochées sur d, *formeront deux arêtes continues coïncidantes.* Elles *devront nécessairement être marquées en double,* comme sur d' ([5]). Cette figure donne donc une représentation géométrique de $x^4 = 2^4 = 16$. *L'unité de ce volume* P_4, *à quatre dimensions rectangulaires, est obtenue en donnant à toutes les arêtes de la figure* d' *l'unité de longueur.*

Ce P_4, objet A (*fig.* e), donne le P_5 rectangulaire (*fig.* e').

Celui-ci donnera à son tour un P_6 (*fig.* f') : cube dont toutes les arêtes ont le caractère double.

On représenterait de même les puissances > 6.

L'unité de volume s'obtient toujours en donnant à toutes les arêtes (*fig.* e' et f') l'unité de longueur.

La forme allongée de P_4, donnée par $x > 1$, se change en forme raccourcie, si $x < 1$, et ainsi de suite.

Ainsi les conventions acceptées pour x^1, x^2, x^3 donnent une représentation géométrique simple de x^4, x^5, x^6, etc. Le *mystère de la quatrième dimension* et des suivantes disparaît donc.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la covariation.*

Note de M. **Étienne Halphen**, présentée par M. Émile Borel.

Rappelons les données du problème : On étudie deux phénomènes se déroulant dans le temps, et repérés chacun par une variable $x(t)$, $y(t)$; la

---

([5]) En effet, dans un P_n, le nombre des arêtes issues d'un sommet est n.

méthode des variations concomitantes consiste à modifier *artificiellement* le premier phénomène de manière à obtenir diverses courbes $x_1(t)$, $x_2(t)$, etc. En comparant celles-ci aux courbes $y_1(t)$, $y_2(t)$ correspondantes, on peut en déduire une certaine *corrélation* entre les deux phénomènes.

Supposons maintenant que nous ne possédions qu'*une* couple de courbes. La méthode précédente ne s'applique plus. Mais il peut arriver que la courbe $x(t)$, régulière ou non dans son ensemble, présente des oscillations $\xi(t)$ distribuées, comme on dit, *au hasard*. La comparaison des $\xi(t)$ aux $\eta(t)$ correspondants fournit alors *naturellement* les conditions réalisées plus haut *artificiellement* pour l'application de la méthode des variations concomitantes.

Cette comparaison, qui constitue le problème statistique de la covariation, n'a été faite jusqu'ici que dans l'hypothèse très restrictive et souvent contestable que *la loi de probabilité du couple* (ξ, η) *ne dépende pas du temps*. Supposons que les mesures soient faites annuellement sur un siècle. On compte le nombre α_{ij} de couples (ξ_i, η_j), on estime la probabilité p_{ij} par le quotient $\alpha_{ij/100}$ et l'on calcule un coefficient de dépendance Δ entre les p_{ij} ainsi estimées. L'erreur sur Δ est de l'ordre de $1/\sqrt{100}$.

Nous allons montrer que l'on peut s'affranchir très simplement de la restriction imposée.

Il est raisonnable, en général, d'admettre que :

1° La loi de probabilité $p_{ij}(t)$ inconnue, bien que dépendant du temps, ne varie pas trop vite, de sorte que pour une période de 10 ans par exemple on puisse la regarder comme constante.

2° Bien que p_{ij} varie dans la période d'un siècle, le degré de corrélation entre ξ et η ne varie pas (ce degré étant mesuré par un certain coefficient Δ, fonction des p_{ij} inconnues : par exemple le carré moyen de contingence).

Nous allons chercher une estimation de Δ. Pour cela, nous estimerons les p_{ij} *dans chaque période de* 10 *ans* par les fréquences $\beta_{ij}/10$. L'erreur commise sur Δ est alors de l'ordre de $1/\sqrt{10}$. *Si maintenant nous prenons les moyennes des estimations précédentes sur les* 10 *périodes décennales, l'erreur sera ramenée à l'ordre* $1/\sqrt{100}$.

Remarque importante. — Ce procédé exige un traitement spécial au voisinage de l'indépendance stochastique (et de la liaison fonctionnelle), car ce cas correspond à un minimum de Δ, et l'erreur accidentelle devient alors du même ordre que l'erreur systématique.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la sommabilité* H_k *de séries de Fourier.* Note (¹) de M. **Joseph Marcinkiewicz**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Soient $f(x)$ une fonction sommable et de période 2π ; $s_n(x) = s_n(f, x)$, les sommes partielles de sa série de Fourier. On dit que la suite $\{s_n\}$ est sommable H_k (²) s'il existe un nombre s tel que

$$(1.1)\qquad U_{k,n} = \left[\frac{1}{n}\sum_{\nu=1}^{n} |s_\nu - s|^k\right]^{\frac{1}{k}} \to 0.$$

Une définition analogue subsiste aussi pour les séries de Fourier à plusieurs variables.

Le but de cette Note est de démontrer le

Théorème. — *Si la fonction* $f\log^{\nu+1}(1+f^2)$, $f = f(x_1, x_2, \ldots, x_r)$ *est intégrable au sens de M. Lebesgue, sa série de Fourier est sommable presque partout* H_k (*pour tout* $k > 0$), *et l'on a*

$$(1.2)\qquad \int_0^{2\pi}\cdots\int_0^{2\pi} T_k(x_1, x_2, \ldots, x_r)\, dx_1\ldots dx_r$$

$$\leqq A\int_0^{2\pi}\cdots\int_0^{2\pi} f\log^{r+1}(1+f^2)\, dx_1\, dx_2\ldots dx_r + B,$$

où

$$(1.3)\qquad T_k(x_1, \ldots, x_r) = \operatorname*{borne\ sup}_{n_1, n_2, \ldots, n_r}\left[\frac{1}{n_1\ldots n_r}\sum_{\nu_1=1}^{n_1}\cdots\sum_{\nu_r=1}^{n_r} |s_{\nu_1,\nu_2,\ldots,\nu_r}|^k\right]^{\frac{1}{k}}.$$

Remarquons que ce théorème est connu pour $k \leqq 2$ (³). On sait aussi (⁴) que si $r = 1$ et $f \in L$, la série de Fourier de f est sommable presque partout H_2.

2. Nous nous bornerons à démontrer notre théorème pour $r = 1$. Le

(¹) Séance du 6 mars 1939.

(²) Cette notion et les notations sont dues à MM. G. Hardy et J. Littlewood. Voir par exemple la Note des *Fund. Math.*, 25, 1935, p. 126-183.

(³) A. Zygmund, *Fund. Math.*, 30, 1938, p. 170-196.

(⁴) J. Marcinkiewicz, *Sur la sommabilité forte de séries de Fourier* [*Journal Lond. Math. Soc.* (sous presse, 1939)].

cas $r > 1$ se démontre d'une manière analogue. On peut toujours supposer $f(x) \geqq 1$. Désignons par $f_\nu(x)$ la fonction égale à $f(x)$ si $2^\nu \leqq f(x) < 2^{\nu+1}$ et à zéro dans le cas contraire, par $\varphi_\nu(x)$ la fonction caractéristique de l'ensemble $f_\nu(x) \neq 0$. On a $s_n(f) = s_n(f_0) + s_n(f_1) + \ldots$, ce qui donne, pour k entier pair,

$$s_n^k(f) = \Sigma s_n(f_{\nu_1}) s_n(f_{\nu_2}) \ldots s_n(f_{\nu_k}).$$

Il en résulte

$$(2.1) \qquad T_k(f, x) \leqq \sum_\nu T_k(f_\nu, x) = \sum_\nu 2^\nu T_k(\psi_\nu, x), \qquad \text{où} \quad \psi_\nu(x) = 2^{-\nu} f_\nu(x).$$

D'autre part on a

$$(2.2) \qquad T_p(x) \leqq T_{p'}(x) \qquad (p < p').$$

En tenant compte de (2.1), on en conclut

$$(2.3) \qquad T_k(f, x) \leqq \Sigma 2^\nu T_{k_\nu}(x_\nu, x) \qquad (k_\nu > k).$$

3. Soient

$$0 \leqq \psi \leqq 2, \qquad \psi^*(x) = \text{borne} \sup_{h \to 0} \frac{1}{h} \int_{-h}^{h} \psi(x+u)\, du,$$

$m \leqq n$, on vérifie facilement les relations

$$(3.1) \qquad s_m(\psi, x) = \int_{\frac{1}{n}}^{\pi} [\psi(x+u) + \psi(x-u)] \sin \frac{mu}{u}\, du + \theta_m \psi^*(x)$$

$$(|\theta_m| \leqq A = \text{const.}).$$

En désignant par $t_m(\psi, x)$ le premier terme du second membre de (3.1) et en appliquant le théorème de Hausdorff-Young ([5]), on obtient

$$(3.2) \qquad \left[\frac{1}{n} \sum_1^n |t_m^q(\psi, x)| \right]^{\frac{1}{q}} \leqq B \left[\frac{\psi^*(x)}{p-1} \right]^{\frac{1}{p}},$$

où B désigne une constante absolue et $1/p + 1/q = 1$.

Les formules (3.1) et (3.2) donnent

$$(3.3) \qquad T_q(\psi, x) \leqq B \left[\frac{\psi^*}{(p-1)} \right]^{\frac{1}{p}}.$$

([5]) Voir par exemple A. ZYGMUND, *Trigonometrical Series*, Warszawa-Lwów 1935, p. 239.

En comparant les inégalités (2.3) et (3.3) on obtient

$$(3.4)\qquad T_k(f, x) \leq B\sum 2^\nu \frac{1}{p_\nu - 1}[\varphi_\nu^*(x)]^{\frac{1}{p_\nu}} \qquad \left(p_\nu < \frac{k}{k-1}\right).$$

4. D'après un théorème connu ([6]), on a

$$(4.1)\qquad \int_0^{2\pi} \varphi_\nu^{*\frac{1}{p}}(x)\,dx \leq \frac{A}{p-1}\left[\int_0^{2\pi} \varphi_\nu(x)\,dx\right]^{\frac{1}{p}},$$

où A désigne une constante absolue.

En posant, dans (3.5), $p_\nu = 1 + 1/\nu$ et en tenant compte du fait que tout terme du second membre de l'inégalité (3.5) est borné, on voit qu'il suffit de démontrer l'inégalité

$$(4.2)\qquad \sum 2^\nu \nu^2 \left\{\int_0^{2\pi} \varphi_\nu(x)\,dx\right\}^{\frac{\nu-1}{\nu}} < A\int_0^{2\pi} f \log^2(1+f^2)\,dx + B.$$

La dernière formule résulte de (4.1).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Généralisation de la formule de Jensen aux fonctions analytiques de plusieurs variables.* Note ([1]) de M. **Hans Tornehave**, présentée par M. Gaston Julia.

Soit $f(s) = f(\sigma + it)$ une fonction régulière dans la bande $\alpha < \sigma < \beta$, périodique avec la période $2\pi i$, et qui n'est pas identiquement nulle. Alors, d'après Jensen ([2]), la valeur moyenne

$$\varphi_f(\sigma) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \log|f(\sigma + it)|\,dt$$

est une fonction continue et convexe, qui est linéaire dans les intervalles déterminés par les abscisses des zéros de $f(s)$. De plus, on a

$$N(\alpha_1, \beta_1) = \varphi'_f(\beta_1 - 0) - \varphi'_f(\alpha_1 + 0),$$

où $N(\alpha_1, \beta_1)$ $(\alpha < \alpha_1 < \beta_1 < \beta)$ désigne le nombre des zéros de $f(s)$ dans le rectangle $\alpha_1 < \sigma < \beta_1$, $0 \leq t < 2\pi$.

([6]) A. Zygmund, *Trigonometrical Series*, Warszawa-Lwów, 1935, p. 245.

([1]) Séance du 6 mars 1939.

([2]) *Acta Math.*, 22, 1899, p. 359.

Le but de cette Note est de communiquer une généralisation de cette formule aux fonctions analytiques de plusieurs variables.

Soient $s_\nu = \sigma_\nu + it_\nu$, $\nu = 1, 2, \ldots, m$ des variables complexes, mettons $s = (s_1, \ldots, s_m) = (\sigma_1, \ldots, \sigma_m) + i(t_1, \ldots, t_m) = \sigma + it$ et désignons par $f(s) = f(s_1, \ldots, s_m)$ une fonction qui, dans la partie de l'espace de s fixée par σ appartenant à un domaine donné Ω de l'espace de σ, est régulière et périodique avec la période $2\pi i$ suivant chaque variable. Alors

$$\varphi(\sigma_1, \ldots, \sigma_m) = \frac{1}{(2\pi)^m} \int_0^{2\pi} \ldots \int_0^{2\pi} \log |f(s)|\, dt_1 \ldots dt_m$$

existe, et $\varphi(\sigma_1, \ldots, \sigma_m)$ est une fonction continue et convexe de $\sigma_1, \ldots, \sigma_m$.

Soit E un domaine compris dans Ω, dont la frontière est une surface Φ à $m - 1$ dimensions, fermée et différentiable et également comprise dans Ω. Désignons par F(E) l'aire de la partie de la surface des zéros de $f(s)$ située dans l'ensemble $\sigma \varepsilon \mathrm{E}$, $0 \leq t_\nu < 2\pi$, $\nu = 1, 2, \ldots, m$. Alors, si l'ensemble des points sur Φ, où $\varphi(\sigma_1, \ldots, \sigma_m)$ n'est pas différentiable, est de mesure nulle sur Φ, on aura

$$\frac{1}{(2\pi)^m} \mathrm{F}(\mathrm{E}) = \frac{1}{2\pi} \int_\Phi (\operatorname{grad} \varphi(\sigma_1, \ldots, \sigma_m), df),$$

où df est l'élément de surface sur Φ considéré comme un vecteur dans la direction de la normale extérieure et où (x, y) désigne le produit scalaire $x_1 y_1 + \ldots + x_m y_m$. Si les dérivées de deuxième ordre $\partial^2 \varphi / \partial \sigma_1^2, \ldots, \partial^2 \varphi / \partial \sigma_m^2$ existent partout dans Ω, la formule peut être écrite

$$\frac{1}{(2\pi)^m} \mathrm{F}(\mathrm{E}) = \frac{1}{2\pi} \int_\mathrm{E} \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial \sigma_1^2} + \ldots + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \sigma_m^2} \right) d\sigma_1 \ldots d\sigma_m.$$

Donc la fonction convexe, et ainsi également sous-harmonique, $\varphi(\sigma_1, \ldots, \sigma_m)$ est, abstraction faite d'une fonction harmonique, le potentiel de la distribution de masse déterminée par la fonction d'ensemble F(E).

La démonstration du théorème est fondée sur un théorème de M. Wirtinger ([3]), selon lequel l'élément de surface d'une surface analytique à $2m - 2$ dimensions est la somme de ses projections sur les m plans

$$(\sigma_1, t_1, \ldots, t_{\nu-1}, \sigma_{\nu+1}, \ldots, \sigma_m, t_m) \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, m).$$

([3]) *Monatshefte für Math. und Physik*, **44**, 1936, p. 343. Voir aussi *ibid.*, **45**, 1937, p. 418, où le théorème est appliqué à la généralisation du théorème des résidus aux fonctions analytiques de plusieurs variables.

Le point de départ de l'auteur a été les recherches sur la distribution des zéros des polynomes trigonométriques exposées dans une Note récente de M. Jessen ([4]). Les applications à cette question du théorème ci-dessus reposent sur le théorème suivant.

Si $\lambda_1, \ldots, \lambda_m$ sont linéairement indépendants et si $F(s)$ désigne la fonction $f(\lambda_1 s, \ldots, \lambda_m s)$, alors $\varphi_F(\sigma) = \varphi(\lambda_1 \sigma, \ldots, \lambda_m \sigma)$ est la fonction convexe de M. Jessen qui détermine la distribution des zéros de la fonction presque périodique $F(s)$.

Le théorème et les applications susmentionnées seront traités en détail en collaboration avec M. Jessen dans le même exposé que celui des recherches de sa Note ([4]).

CINÉMATIQUE DES MILIEUX CONTINUS. — *Sur la distribution dans l'espace des rotations d'une surface inextensible en mouvement.* Note de M. **Henri Pailloux**, présentée par M. Jean Chazy.

Après avoir étudié ([1]) le mouvement d'une surface inextensible, en supposant donnée en chaque point de l'espace la vitesse de l'élément matériel qui y passe, nous allons faire une étude similaire en supposant donnée la rotation $\Omega(p, q, r)$.

Soit $f(x, y, z) = \theta$ l'équation de la surface mobile. Nous écartons ainsi le cas où la surface glisse sur elle-même, elle est alors applicable sur une surface de révolution. A temps θ constant, on doit avoir (condition nécessaire et suffisante)

$$d\vec{V} = \vec{\Omega} \wedge d\overrightarrow{M}. \tag{1}$$

Différentions suivant une deuxième direction arbitraire sur la surface, puis échangeons l'ordre des différentiations, on trouve

$$\delta\vec{\Omega} \wedge d\overrightarrow{M} = d\vec{\Omega} \wedge \delta\overrightarrow{M},$$

ce qui élimine la vitesse. On a ainsi trois relations telles que

$$(q'_y + r'_z)(dy\,\delta z - dz\,\delta y) - q'_x(dz\,\delta x - dx\,\delta z) - r'_x(dx\,\delta y - dy\,\delta x) = 0,$$

([4]) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1081.

([1]) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 319 et 389.

et compte tenu de $df = \delta f = 0$, on a le système

$$(2)\quad \begin{cases} (p'_x - \operatorname{div}\Omega) f'_x + q'_x f'_y + r'_x f'_z = 0, \\ p'_y f'_x + (q'_y - \operatorname{div}\Omega) f'_y + r'_y f'_z = 0, \\ p'_z f'_x + q'_z f'_y + (r'_z - \operatorname{div}\Omega) f'_z = 0. \end{cases}$$

Multipliant respectivement ces équations par dx, dy, dz on trouve, en ajoutant

$$(3)\quad \left(d\vec{\Omega} - \operatorname{div}\vec{\Omega}\, d\overrightarrow{M}\right) \overrightarrow{\operatorname{grad}} f = 0,$$

c'est-à-dire que le vecteur $d\Omega - \operatorname{div}\Omega dM$ est constamment parallèle au plan tangent. Pour trouver les conditions auxquelles doit satisfaire la distribution de rotation, il faudra donc écrire 1° que le vecteur $d\Omega - \operatorname{div}\Omega dM$ est toujours dans le même plan quel que soit dM; 2° que la normale N à ce plan satisfait à

$$\vec{N} \cdot \operatorname{rot} \vec{N} = 0.$$

La première condition s'écrit

$$(4)\quad \operatorname{div}\Omega \left[\frac{D(q, r)}{D(y, z)} + \frac{D(r, p)}{D(z, x)} + \frac{D(p, q)}{D(x, y)}\right] = \frac{D(p, q, r)}{D(x, y, z)}.$$

Pour l'interpréter, recherchons les directions où $d\Omega = \lambda dM$; on trouve une équation en λ, du troisième degré, dont une racine est $\lambda = \operatorname{div}\Omega$. Écrivant les relations entre les coefficients et les racines, on constate que

$$\lambda_1 + \lambda_2 = 0, \qquad \lambda_1 \lambda_2 = \frac{1}{\operatorname{div}\Omega} \frac{D(p, q, r)}{D(x, y, z)},$$

d'où, rapprochant des résultats de notre Thèse [2],

$$(5)\quad ac - b^2 = \frac{D(q, r)}{D(y, z)} + \frac{D(r, p)}{D(z, x)} + \frac{D(p, q)}{D(x, y)},$$

ce qui représente le rapport des courbures totales de $S(M)$ et $S(\Omega)$.

La condition d'intégrabilité s'écrit sans difficulté, même sous forme symétrique, mais elle paraît difficile à utiliser, vu sa complexité.

Nous avons considéré Ω comme fonction de M, étudions $M(\Omega)$; pour cela utilisons $F(p, q, r) \equiv f(x, y, z)$, $F(p, q, r) = \theta$ représente dans l'espace de Ω les différentes surfaces rotations. Grâce au système (2), nous

---

(2) Cf. *Ann. Fac. Sc. Toulouse*, 4e série, **1**, 1937, p. 48 et 66.

pouvons écrire

$$\text{(6)} \qquad \overrightarrow{\text{grad}}_M f = \text{div}_M \vec{\Omega}\, \overrightarrow{\text{grad}}_\Omega F.$$

La condition (4) s'écrit alors

$$\text{(7)} \qquad \text{div}_M \Omega . \text{div}_\Omega M = 1.$$

On peut rechercher comment varie la courbure moyenne de la surface dans le temps, en transformant de deux manières ([2]) en intégrale double

$$\int_L \vec{\Omega}.d\vec{M} = \int_L \vec{\Omega}.\vec{M}'_\alpha\, d\alpha + \vec{\Omega}.\vec{M}'_\beta\, d\beta = -\iint_\Sigma (G a - 2 F b + E c)\, d\alpha\, d\beta$$

$$= -\iint_\Sigma \frac{\partial}{\partial\theta}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) d\sigma,$$

or

$$\int_L \vec{\Omega}.d\vec{M} = \iint \overline{\text{rot}}\,\vec{\Omega}.\vec{m}\, d\sigma,$$

donc

$$\text{(8)} \qquad \frac{\partial}{\partial\theta}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = \frac{G a - 2 F b + E c}{H} = -\vec{m}.\text{rot}\,\vec{\Omega}.$$

En particulier, si la surface se déplace de façon que ses rayons de courbure ne dépendent pas du temps, elle est une surface tourbillon pour Ω. Il revient au même de dire qu'à tout instant θ, Ω dépend d'un potentiel sur $S(M)$. $S(M)$ est représentée géodésiquement sur $S(\Omega)$, car

$$d\Omega^2 = (b^2 - ac)\, dM^2.$$

On peut montrer que la rotation du solide de masse nulle lié au plan tangent de $S(\Omega)$ est

$$\vec{\Omega} + \vec{m}\,\omega,$$

ω étant lié à la courbure moyenne de $S(\Omega)$ par

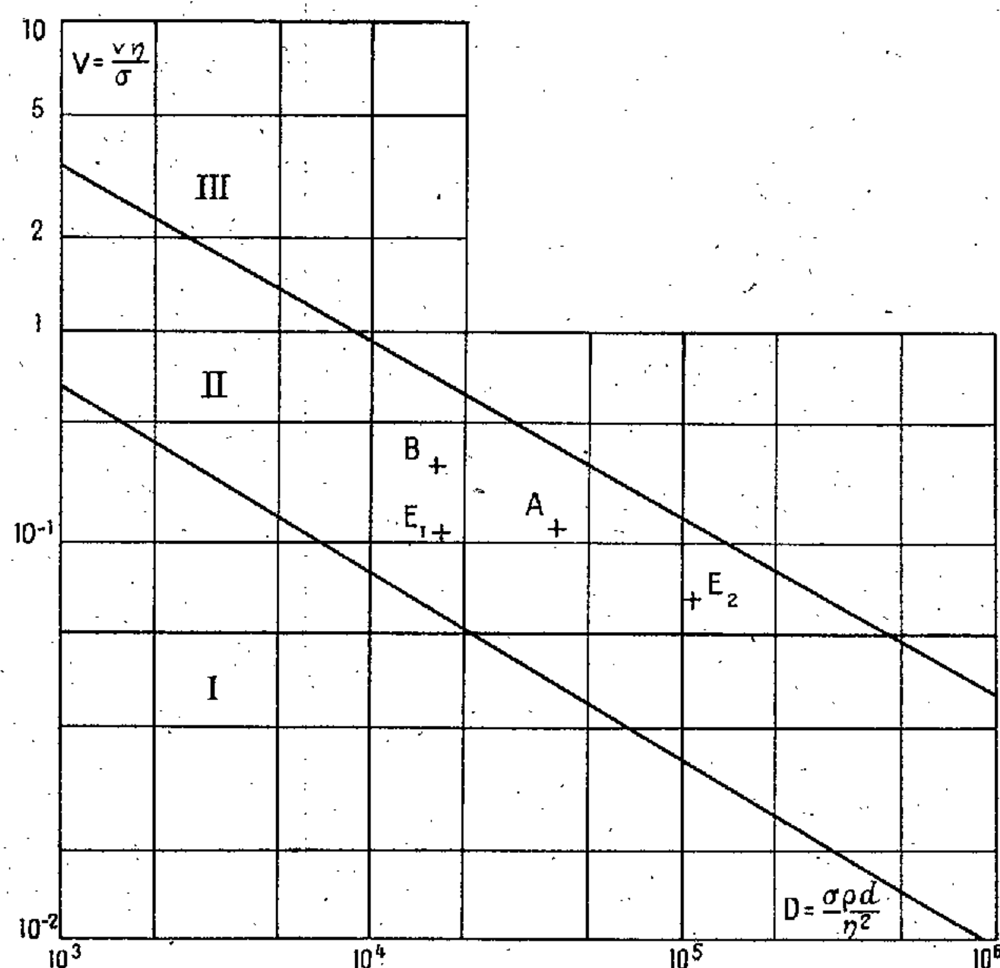
$$\frac{1}{\mathcal{R}_1} + \frac{1}{\mathcal{R}_2} + \frac{2}{\omega} = 0.$$

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les modes de résolution d'un jet liquide en gouttes.* Note ([1]) de M. **Guy Littaye**, présentée par M. Henri Villat.

La résolution en gouttes d'un jet liquide peut s'effectuer suivant trois modes. Dans le régime de résolution capillaire, classique depuis les travaux

([1]) Séance du 6 mars 1939.

de Savart (²), des lignes de striction, normales au jet, apparaissent à quelque distance de l'orifice; les étranglements s'accusent à mesure que le jet progresse et finissent par déterminer la formation de gouttes équidistantes. Dans le régime oscillant le jet effectue des oscillations transversales, d'amplitude plus ou moins grande, qui hâtent la formation des gouttes. Enfin, dans le régime de pulvérisation, le jet se résout dès l'orifice



	Diamètre en mm.	Liquide.	Vitesse en m/s.	Nombre de Reynolds.
A........	0,262	Acétone à 14°	15	8,7 . 10³
B........	0,262	Benzène à 20°	16	5,8 . 10³
E_1........	0,262	Eau à 20°	15	3,7 . 10³
E_2........	1,67	Eau à 20°	9,2	14,5 . 10³

en un brouillard; les dimensions des gouttes, de l'ordre de quelques dizaines de microns, sont alors beaucoup plus faibles que dans les régimes précédents, où le diamètre est de plusieurs dixièmes de millimètre.

Haenlein (³) et von Ohnesorge (⁴) ont étudié l'influence qu'exercent sur l'apparition de ces divers modes de résolution le diamètre d de l'orifice, la vitesse v du jet, le coefficient de viscosité η du liquide, sa tension superficielle σ et sa masse spécifique ρ. Les résultats obtenus par ces auteurs

(²) *Ann. Chim. Phys.*, 53, 1833, p. 337.
(³) *Forsch. aus dem Geb. des Ing. Wesens*, 2, 1931, p. 139.
(⁴) *Zeits. f. Aug. Math. und Mech.*, 16, 1936, p. 354.

peuvent être traduits par le graphique ci-dessus. En abscisses et en ordonnées sont portés respectivement les logarithmes décimaux des nombres sans dimensions $D = \sigma\rho d/\eta^2$ et $V = v\eta/\sigma$, proportionnels l'un au diamètre du trou et l'autre à la vitesse moyenne du jet. La région I correspond à la résolution capillaire du jet, la région II à l'oscillation transversale et la région III à la pulvérisation.

Nous avons cherché si, moyennant certaines précautions, il n'était pas possible d'obtenir la résolution capillaire du jet dans la région où les auteurs précédents annoncent l'oscillation transversale. A cet effet nous avons utilisé des trous en paroi mince, les uns percés avec soin de manière à obtenir un contour bien circulaire exempt de toute saillie ou bavure, les autres, aux fins de contre-épreuve, de confection moins soignée. Ces trous donnaient passage à un jet dont une étincelle électrique formait l'ombre sur une feuille de papier sensible. Les principaux résultats obtenus avec les trous bien réguliers sont présentés par des croix sur le graphique. Les orifices de confection moins soignée ont donné un jet oscillant pour des vitesses voisines de celles indiquées par Haenlein et von Ohnesorge. Ces résultats montrent que les valeurs indiquées par ces auteurs peuvent représenter une limite supérieure du régime de résolution capillaire. Les irrégularités de l'orifice jouent donc un rôle prépondérant dans la naissance de l'oscillation transversale du jet.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les équations du photon. Rapport avec les équations de Dirac et de Kemmer.* Note [1] de Mme **Marie-Antoinette Tonnelat**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous allons chercher à préciser les relations entre les équations du photon et les quatre groupes d'équations de Kemmer dont le deuxième forme les équations du mésoton.

1. Rappelons ces équations. Les équations de Dirac

$$(29) \qquad \left\{ \begin{array}{l} p^{\dot{\alpha}k} A_{k\lambda} = \sqrt{2}\, m_0 B^{\dot{\alpha}}_{\lambda} \\ p_{\dot{\alpha}k} B^{\dot{\alpha}}_{\lambda} = m_0 \sqrt{2}\, A_{k\lambda} \end{array} \right. \qquad (A_{k\lambda} \text{ symétrique})$$

et les équations de Kemmer

$$(31) \qquad \left\{ \begin{array}{l} p^{\dot{\alpha}}_{k} A = \sqrt{2}\, m_0 B^{\dot{\alpha}}_{k} \\ p^{k}_{\dot{\alpha}} B^{\dot{\alpha}}_{k} = -\sqrt{2}\, m_0 A \end{array} \right. \qquad (A_{k\lambda} \text{ antisymétrique})$$

---

[1] Séance du 27 février 1939.

peuvent s'exprimer chacune sous deux formes différentes que nous désignerons par (29 *a*) et (29 *b*), (31 *a*) et (31 *b*) (formes *b* duales des *a*).

2. Considérons maintenant les équations du photon. Les équations (III) et (IV) de M. L. de Broglie (en A + B et en A — B) de solution ψ_{ik} sont équivalentes aux deux groupes

$$\text{(A)} \quad i\partial_4(M^4 - N^4)\Phi_{ik} = [-\partial_p(M^p + N^p) + 2k]\Phi_{ik} \qquad (\Phi_{ik} = -iA_4\psi_{ik}),$$

$$\text{(B)} \quad i\partial_4(M^4 + N^4)\Phi_{ik} = -\partial_p(M^p - N^p)\Phi_{ik} \qquad (k = i\mu = i\chi\mu_0 c),$$

$$M^p = iA^4A^p = \gamma^p\bar{\delta}, \qquad N^p = iB^4B^p = -(\bar{\gamma}^p)^*\delta.$$

On constate facilement que le groupe (B) se déduit du groupe (A). En définitive, les équations du photon se réduisent donc au groupe (A) qui donne les seize équations où figure μ, et qui s'écrit, à l'aide des γ de Neumann,

$$i\partial_4[(\gamma^4)_{il}\Phi_{lm} - (\gamma^4)^*_{km}\Phi_{im}] = \partial_p[(\gamma^p)_{il}\Phi_{lm} - (\gamma^p)^*_{km}\Phi_{im}] + 2k\Phi_{ik}.$$

3. Pour former les équations entre potentiels, champs et invariants sans préciser la forme des A, M. Petiau a proposé de développer les ψ_{ik} (solutions des équations en A + B et en A — B) suivant le système complet des α (²). Ce sont des nombres hypercomplexes dans le système où A_4 joue le rôle d'unité. Les Φ_{ik} solutions de (A) et de (B) sont des nombres hypercomplexes dans le système analogue d'unité M_0, M_4 et M_p étant des vecteurs covariants. Par suite, les Φ_{ik} admettent deux développements possibles dans le système de base γ.

Soit

$$\text{(1)} \quad \Phi_{ik} = (\gamma_\mu)_{ik}\Phi^\mu = (\gamma_0)_{ik}\Phi^0 + (\gamma_p)_{ik}\Phi^p + (\gamma_4)_{ik}\Phi^4 + (i\gamma_p\gamma_4)_{ik}\Phi^{p4} + (i\gamma_p\gamma_q)_{ik}\Phi^{pq} + (i\gamma_p\gamma_q\gamma_4)_{ik}\Phi^{pq4} + (i\gamma_p\gamma_q\gamma_r)_{ik}\Phi^{pqr} + (\gamma_1\gamma_2\gamma_3\gamma_4)_{ik}\Phi^{1234}.$$

Soit

$$\text{(2)} \quad \Phi_{ik} = (\gamma_\mu)^+_{ik}\psi^\mu,$$

les γ^+_μ étant les γ duals des γ_μ, $(\gamma_\mu)^+ = \varepsilon_{\mu\alpha\beta\delta}\gamma^\alpha\gamma^\beta\gamma^\delta$. Nous aurons donc

$$\Phi_{ik} = \varepsilon_{\mu\alpha\beta\delta}\gamma^\alpha\gamma^\beta\gamma^\delta\psi^\mu = \frac{1}{\sqrt{g}}[\gamma^1\gamma^2\gamma^3\gamma^4)_{ik}\psi^0 + \ldots].$$

1° En remplaçant les Φ_{ik} par leur valeur (1) dans (A) nous obtenons des

---

(²) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 167.

équations que nous pouvons mettre sous la forme

$$k\Phi^0 = 0 \qquad (\text{ou } \mu I_1 = 0),$$

$$(29\,a)\quad \left\{ \begin{aligned} \partial^\alpha \Phi^\beta - \partial^\beta \Phi^\alpha &= k\Phi^{\alpha\beta}, \\ \partial_\alpha \Phi^{\alpha\beta} &= k\Phi^\beta; \end{aligned} \right. \qquad (31\,b)\quad \left\{ \begin{aligned} \partial^\alpha \Phi_{\alpha\beta\gamma\delta} &= k\Phi_{\beta\gamma\delta}, \\ \partial_\alpha \Phi_{\beta\gamma\delta} - \partial_\beta \Phi_{\alpha\gamma\delta} + \ldots &= k\Phi_{\alpha\beta\gamma\delta}. \end{aligned} \right.$$

Ce sont les deuxième et quatrième groupes de Kemmer auxquels on a adjoint la relation $k\Phi^0 = 0$. Du groupe des 16 équations ainsi obtenues on tire évidemment les 16 autres équations (dont une identité) de la théorie du photon. Les équations du photon sont donc équivalentes aux deux groupes simultanés de Dirac et de Kemmer, joints à l'équation $k\Phi^0 = 0$ ([3]). Le système (29 *a*) seul (équations du mésoton) s'obtient naturellement à partir de (A) en prenant un développement incomplet pour Φ_{ik} (grandeurs non maxwelliennes $= 0$), ce qui revient à ramener les 16 Φ_{ik} à 10.

2° Remplacer les Φ_{ik} par leur valeur (2) revient à changer $\sqrt{g}\Phi^{1234}$ en ψ_0, $\sqrt{g}\Phi^p$ en ψ_{qr4}, ... dans les équations (29 *a*) et (31 *b*) (c'est-à-dire E en H, I_2 en I_1, A en σ dans les équations du photon sous forme vectorielle). La substitution des Φ_{ik} dans (A) conduit alors aux équations

$$k\psi_{1234} = 0 \qquad (\text{où } \mu I_2 = 0),$$

$$(29\,b)\quad \left\{ \begin{aligned} &\partial_\alpha \psi_{\beta\gamma} - \partial_\beta \psi_{\alpha\gamma} + \partial_\gamma \psi_{\alpha\beta} = k\psi_{\alpha\beta\gamma}, \\ &\partial^\alpha \psi_{\alpha\beta\gamma} = k\psi_{\beta\gamma}; \end{aligned} \right. \qquad (31\,a)\quad \left\{ \begin{aligned} \partial_\alpha \psi &= k\psi_\alpha, \\ \partial^\alpha \psi_\alpha &= k\psi. \end{aligned} \right.$$

Ce sont les premier et troisième groupes de Kemmer joints à la relation $k\psi_{1234} = 0$, c'est-à-dire une autre traduction des équations de Dirac et de Kemmer prises simultanément.

Remarques. — 1° Si nous désignons par γ^μ les matrices $\left|\begin{array}{cccc} \star & \star & & \\ \star & \star & & \\ & & \star & \star \\ & & \star & \star \end{array}\right|$; les $\gamma^{\mu+}$ (duals) seront de la forme $\left|\begin{array}{cccc} & & \star & \star \\ & & \star & \star \\ \star & \star & & \\ \star & \star & & \end{array}\right|$. Les Φ^r_{ik} (indices de même paire 1, 2 ou 3, 4) s'expriment en fonction des γ^μ, les ${}^r\Phi_{ik}$ (indices de paires différentes) en fonction des $\gamma^{\mu+}$. Changer les γ^μ en $\gamma^{\mu+}$ dans le développement des Φ_{ik}, revient à changer les Φ^r_{ik} en ${}^r\Phi_{ik}$ dans l'expression des valeurs de champs de la théorie du photon.

2° Considérons l'équation de Dirac (29) pour un spineur $P_{k\lambda}$ quelconque. En le scindant en ses deux parties, symétrique et antisymétrique, on obtient,

---

([3]) Cf. *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1180, *lire* 29 et 31 duale et non 31 et 31 duale.

en considérant simultanément les deux formes duales,

$$\begin{cases} \partial^\alpha \Phi_{\alpha\beta} + \partial_\beta \Phi = k\Phi_\beta, \\ \partial^\alpha \Phi_\alpha = k\Phi, \\ \partial_\alpha \Phi_\beta - \partial_\beta \Phi_\alpha + \partial^\delta \Phi_{\delta\alpha\beta} = k\Phi_{\alpha\beta}; \end{cases} \qquad \begin{cases} \partial_\alpha \Phi_{\beta\gamma}\ldots + \partial^\delta \Phi_{\delta\alpha\beta\gamma} = k\Phi_{\alpha\beta\gamma}, \\ \partial_\alpha \Phi_{\beta\gamma\delta}\ldots = k\Phi_{\alpha\beta\gamma\delta}. \end{cases}$$

Ces équations, obtenues par M. Proca d'une autre manière [4], sont équivalentes aux équations (I) du photon

$$[\partial_4 \psi_{ik} = (\mathrm{A}^p \partial_p + \mu \mathrm{A}_4)\psi_{ik}].$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Le champ nucléaire et le quantum élémentaire de longueur.* Note de M. **Jean Mariani**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avions défini [1] une forme du ds^2 intérieur et du ds^2 extérieur aux particules élémentaires, susceptible d'interpréter géométriquement l'existence d'un quantum élémentaire de longueur et d'expliquer celle d'un champ nucléaire attractif; une forme plus symétrique du ds^2 intérieur est

$$ds^2 = c^2\left(1 - \frac{r^2}{a^2}\right)dt^2 - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2) - \frac{dr^2}{\left(1 - \frac{r^2}{a^2}\right)}, \tag{1}$$

$a \sim 10^{-13}$ cm étant le rayon de la particule élémentaire dans son système propre; cette forme devient identique à celle de de Sitter, si l'on pose

$$\lambda = \frac{3}{a^2}; \tag{2}$$

λ est analogue à la constante cosmologique; de même que l'atome de Bohr est semblable à un système planétaire en réduction, les corpuscules matériels élémentaires représenteraient donc un univers en miniature.

On sait que le ds^2 de de Sitter n'est pas autre chose que la forme limite du ds^2 intérieur de Schwarzschild d'une sphère matérielle incompressible

(4) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1182.

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 640.

et homogène, déduit de la gravitation einsteinienne ([2])

$$(3)\qquad ds^2 = \frac{c^2}{4}\left(3\sqrt{1-\frac{2km}{c^2 a}} - \sqrt{1-\frac{2km}{c^2 a^3}r^2}\right)^2 dt^2 - \frac{dr^2}{1-\frac{2km}{c^2 a^3}r^2} - r^2(d\theta^2 + \cos^2\theta\, d\varphi^2).$$

Il faut, pour cela, que l'espace se ferme à la surface de la sphère ([3]), c'est-à-dire que

$$(4)\qquad \frac{2Km}{c^2} = a \qquad \text{ou} \qquad \frac{8\pi K\rho}{3c^2} = \frac{1}{a^2},$$

ρ étant la densité propre, K la constante newtonienne de la gravitation, m la masse de la particule; la condition (4) détermine donc le rayon a comme rayon gravifique; mais on obtient ainsi, comme on sait, la valeur beaucoup trop petite $a = 13{,}34 \cdot 10^{-56}$ cm dans le cas de l'électron et de l'ordre de 10^{-53} cm pour les particules lourdes; comme une telle longueur n'a aucun sens physique, la théorie de la gravitation einsteinienne n'est certainement pas acceptable dans ce domaine, à cause de la petitesse de la constante de la gravitation $K = 6{,}67 \cdot 10^{-8}$ C. G. S.

Modifions alors la théorie classique de la gravitation en substituant à K un nouveau facteur γ tel que $(2\gamma m/c^2) \sim 10^{-13}$ cm, quand m a la valeur de la masse électronique; γ est alors évidemment égal au carré du rapport de la charge à la masse de l'électron; pour les particules lourdes de masse M, γ peut être posé égal à e^2/mM; la partie spatiale du ds^2 défini par (1) peut alors s'écrire

$$(5)\qquad d\sigma^2 = \frac{dr^2}{1-\frac{2\gamma m}{c^2 a^3}r^2} + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2);$$

la probabilité d'émission sous forme d'ondes d'une énergie E due à la variation du champ défini par (1) paraît alors être du même ordre de grandeur que celle des neutrinos de la désintégration β; on pourrait donc les regarder comme provenant de la quantification du champ (1) qui

---

([2]) J. Chazy, *La théorie de la relativité et la Mécanique céleste*, **2**, Paris, 1928, p. 119.

([3]) J. Chazy, *loc. cit.*, p. 214.

satisfait aux équations connues

$$R_{ik} - \frac{1}{4} g_{ik} R = 0, \tag{6}$$

R_{ik} étant le tenseur contracté d'Einstein-Ricci.

On peut se demander quels sont les rapports du champ nucléaire interne ainsi défini avec le potentiel en $e^{-\sqrt{\lambda}r}/r$, utilisé par Yukawa et d'autres auteurs dans l'étude de l'interaction des particules lourdes; ce dernier est formellement identique au potentiel utilisé par Neumann et Seeliger quand ils remplacèrent l'équation de Laplace par

$$\Delta\varphi - \lambda\varphi = 0, \tag{7}$$

pour expliquer en physique newtonienne la stabilité de l'univers considéré dans son ensemble et l'inexistence d'un champ de gravitation d'intensité infinie; dans notre théorie, l'équation de Laplace est remplacée par $R_{ik} = 0$, en sorte que la relation (6) joue exactement le rôle de l'équation de Neumann et la généralise.

Dans notre espace riemannien, un champ vectoriel u_i qui, dans l'espace euclidien est solution de l'équation des ondes

$$\Box u_i = g^{jk} u_{i,jk} = 0, \tag{8}$$

satisfait à l'équation générale

$$\Box u_i = g^{jk} u_{i,jk} = R_{ih} u^h = \frac{1}{4} R u_i = \frac{3 u_i}{a^2}, \tag{9}$$

analogue à l'équation vectorielle de Proca.

CHALEUR. — *Sur l'évolution thermique de la conductibilité des couches minces de nickel.* Note de M. **Antoine Colombani**, présentée par M. Paul Langevin.

Cette étude a porté sur des couches de nickel parfaitement stables à la température ordinaire et obtenues par pulvérisation cathodique dans l'hydrogène.

La technique qui a permis de les obtenir est un perfectionnement de celle que A. Féry a utilisée pour la formation des couches de platine. En particulier, l'activité chimique du nickel a nécessité pour la purification des cathodes un chauffage préalable des masses métalliques à 800°, par

induction, alternativement dans l'hydrogène ionisé et dans le vide de la pompe double à palettes. L'hydrogène est obtenu par osmose à travers le palladium, après dessiccation.

La pulvérisation cathodique est obtenue, conformément à la technique de A. Féry, sous la tension la plus basse possible, 400 volts.

Les couches de nickel obtenues dans ces conditions ont d'abord une évolution spontanée à la température ordinaire (diminution de la résistance avec le temps), qui dure plus d'un mois pour les plus minces d'entre elles.

Après quoi, ces couches sont stables à $1/1000^e$ près à cette température, pour toutes les épaisseurs étudiées (entre $80^{m\mu}$ et $1200^{m\mu}$). Si on élève la température, il n'en est plus de même.

Les observations des isothermes (évolution de la résistance en fonction du temps), faites de 10° en 10° depuis la température ambiante jusqu'à 400°, nous ont montré que, dans le cas du nickel, toutes les évolutions sont extrêmement lentes.

Jusqu'à 360° (température de disparition de l'aimantation spontanée du sens nickel ordinaire), ces évolutions sont progressives et irréversibles dans le suivant : une évolution acquise pour un échauffement jusqu'à la température t_1 reste définitivement acquise pour toutes les températures inférieures à t_1; la variation de la résistance en fonction de la température est devenue réversible jusqu'à t_1.

Puis, si l'on dépasse t_1, une nouvelle évolution se manifeste, conduisant à une couche réversible jusqu'à la température $t_2 > t_1$, à laquelle on a totalisé les phénomènes d'évolution.

De la température ambiante jusqu'à 320°, point sensiblement indépendant de l'épaisseur des couches, les évolutions isothermes de résistance sont des fonctions exponentielles décroissantes du temps.

A 320° ces isothermes deviennent horizontales, et au-dessus de cette température, des divergences dans le sens de l'évolution apparaissent d'une épaisseur à l'autre. Au-dessus de $250^{m\mu}$, un changement du sens d'évolution se produit. La concavité des courbes devient négative et l'évolution spontanée se traduit par une croissance de la résistance, jusqu'à ce qu'elle atteigne un palier, défini pour chaque température.

Il en est ainsi jusqu'à 360°, point de Curie du nickel ordinaire.

A cette température et au-dessus (jusqu'à 400°), il n'y a plus d'évolution spontanée des couches de nickel.

Après recuit, toutes les résistances des couches obtenues sont parfaite-

ment stables et réversibles entre 20° et 400°, et ne présentent plus aucune évolution spontanée quelle que soit la température.

Toutes ont le même coefficient de température, voisin de 2.10^{-3} contre 5.10^{-3} ohm/degré pour le nickel ordinaire.

Aucune mesure faite sur une résistance dont on connaît seulement la température n'a donc de sens, tant que l'on ne s'est pas affranchi de toutes ces évolutions irréversibles.

Le changement d'attitude des évolutions entre 320° et 360° peut être mis en parallèle avec de nombreux phénomènes observés sur le nickel ordinaire, dont la plupart des propriétés physiques sont profondément modifiées entre ces températures (anomalies de la conductibilité, de la chaleur spécifique etc.).

ÉLECTROCHIMIE. — *Vérification des lois de Faraday au pôle positif dans l'électrolyse par étincelle.* Note de M. **Pierre de Beco**, présentée par M. Paul Lebeau.

M. Jolibois et moi [1] avons montré que, dans l'électrolyse par étincelle moyennant un dispositif approprié, la loi de Faraday était vérifiée au pôle négatif. Ce travail a eu pour objet d'examiner les conditions dans lesquelles elle était également vérifiée au pôle positif.

J'ai, pour cela, procédé à l'électrolyse des solutions neutres de sel et mesuré l'acidité apparue au pôle positif, en conservant l'appareillage précédemment adopté [(1) et (2)]. Les essais se faisaient dans des atmosphères, soit d'oxygène, soit d'hydrogène. En vue d'éliminer les erreurs dues à la diffusion et au transport des ions, j'ai opéré comparativement, en plaçant en série dans un circuit électrique l'appareil électrolyseur proprement dit (l'étincelle éclatant entre le liquide et l'électrode positive) et un autre appareil électrolyseur de format identique, mais avec les deux électrodes plongeantes.

L'acidité obtenue était dosée au moyen d'une solution de soude.

On comparait :

1° le nombre d'équivalents dus à l'acidité en électrolyse plongeante et en électrolyse par étincelle;

(1) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1496.

(2) De Beco, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 623.

2° le nombre d'équivalents en électrolyse plongeante et celui que donne le coulomètre en série.

Voici les résultats obtenus :

Nature du sel.	Normalité.	Atmosphère gazeuse.	Rendement en acidité par rapport au coulomètre. Plongeant.	Étincelle.	Rend. acid. étinc. / Rend. acid. plong.
			%	%	%
SO^4Na^2..........	N/10	H^2	90	93	104
SO^4Na^2..........	N/10	O^2	90	96	107
NO^3K..........	N/10	H^2	86	81	87
NO^3K..........	N/10	O^2	86	92	108
PO^4H^2K.........	N/10	O^2	90	92	103
ClNa............	N/10	H^2	dégag^t de chlore	91	
ClNa............	N/10	O^2	»	85	
IK..............	N/10	O^2	nulle	nulle	
CH^3CO^2Na.......	N/5	H^2	70	38	
CH^3CO^2Na.......	N/5	O^2	70	10 à 15	
CH^3CO^2Na.......	N	O^2	50	30	

Ces résultats montrent qu'au point de vue du rendement en acide lors de l'électrolyse par étincelle on peut distinguer deux catégories de sels :

1° Sulfates, nitrates, phosphates, chlorures qui donnent au pôle positif une acidité vérifiant sensiblement la loi de Faraday. Il est remarquable en particulier que les chlorures alcalins ne donnent aucune trace de chlore en solution et que l'acide chlorhydrique est obtenu quantitativement.

2° Acétates, iodures donnant une acidité nulle au pôle positif. A cette catégorie appartiennent tous les sels dont les acides sont facilement oxydés ou réduits par action de l'étincelle.

On voit également que l'atmosphère en contact peut exercer par oxydation ou réduction une légère action destructive sur l'acidité obtenue, qui diminue dans l'oxygène pour les chlorures et les acétates, et dans l'hydrogène pour les nitrates.

Ainsi, dans l'électrolyse par étincelle, la loi de Faraday est vérifiée d'une manière très satisfaisante au pôle positif pour les sels suivants : sulfates, nitrates, phosphates, chlorures, et le produit de l'électrolyse est un acide dans le cas où ce dernier persiste en présence de l'eau oxygénée naissante qui accompagne toujours ce phénomène, comme je l'ai montré [2].

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'électrolyse de mélanges fondus de fluosilicates alcalins et de fluorures ou d'oxydes*. Note de M. **Maurice Dodero**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'électrolyse ignée des fluosilicates a été peu souvent tentée. L'un des rares essais signalés est celui d'Ullick [1] qui, en 1865, électrolysa un mélange de fluosilicate et de fluorure de potassium fondu en vue de préparer du silicium.

Nous avons donc soumis à l'électrolyse, dans une première série d'expériences, les fluosilicates alcalins fondus.

On sait que le fluosilicate de sodium et le fluosilicate de potassium se décomposent lentement sous l'action de la chaleur au voisinage de 950°, en dégageant du fluorure de silicium et en laissant des solutions limpides de fluosilicate dans du fluorure fondu. La décomposition de ces solutions est suffisamment lente pour qu'elles puissent être électrolysées avant que tout le fluosilicate ait disparu.

En utilisant le dispositif de J.-L. Andrieux [2] employé dans nos précédents travaux [3] et au moyen d'une cathode métallique refroidie, nous avons pu retirer une boule de bain solidifié emprisonnant les produits cathodiques. Nous avons constaté que du sodium ou du potassium prenait naissance par réaction primaire et agissait sur le bain pour libérer le silicium.

Dans une deuxième série d'expériences, nous nous sommes proposé d'utiliser cette production de silicium pour obtenir des siliciures.

Conduite de l'opération. — Température moyenne 900°; diamètre de la cathode 8^{mm}; profondeur d'immersion 5^{mm}; intensité moyenne 20 A; tension aux bornes 6 V; durée d'électrolyse 10 à 15 minutes. Extraction des produits cathodiques par le procédé de la boule. Celle-ci est concassée et les morceaux traités plusieurs jours par l'eau courante abandonnent les cristaux métalliques.

---

(1) *Ber. Ak. Wien*, 1865, p. 115.

(2) *Thèse*, Paris, 1927, et *Ann. Chim.*, **12**, 1929, p. 427.

(3) *Thèse*, Grenoble, 1937.

N°.	Constituants du bain avant fusion.	Nature de la cathode.	Produits obtenus.
1.	$SiF^4.2NaF + 2MnF^2$	Cuivre	Mn
2.	$SiF^4.2NaF + MnF^2 + 10NaF$....	Cuivre	Mn
3.	$SiF^4.2NaF + 1/5MnF^2$..........	Cuivre	$SiMn^2$
4.	$SiF^4.2KF + 1/5MnF^2$...........	Cuivre	$SiMn^2$
5.	$SiF^4.2NaF + 1/5MnO^2$.........	Fer refroidi	$SiMn^2$
6.	$SiF^4.2NaF + 1/5MnO^2$.........	Fer refroidi	$SiMn^2$
7.	$SiF^4.2KF + 1/5MnO^2$..........	Charbon	$SiMn^2$
8.	$SiF^4.2NaF + 1/5CrF^2$..........	Fer	$SiCr^2$
9.	$SiF^4.2NaF + 1/5CrO^4Na^2$......	Fer	$SiCr^2$
10.	$SiF^4.2NaF + 1/5Fe^2O^3$.........	Fer	$SiFe^2$
11.	$SiF^4.2KF + 1/10TiO^2$..........	Fer	Si^2Ti

Nos essais ont porté, tout d'abord, sur la préparation d'un siliciure de manganèse en partant de mélanges de fluosilicates alcalins et de fluorure de manganèse.

Lorsque la proportion de fluorure de manganèse est plus forte que celle du fluosilicate, on obtient des cristaux de manganèse (teneur en Mn, 98 pour 100); mais, le bain étant peu soluble dans l'eau, ces cristaux sont difficiles à isoler.

En établissant, au contraire, le mélange à fondre avec une très faible proportion de fluorure de manganèse, un lavage prolongé à l'eau permet de séparer de la boule cathodique des cristaux qui, à l'analyse, se montrent composés de manganèse et de silicium. Ils titrent, en moyenne, 22 à 23 pour 100 de silicium et 76 à 77 pour 100 de manganèse.

On obtient des résultats analogues en remplaçant le fluorure de manganèse par le bioxyde.

On peut, du reste, faire varier la proportion de fluorure ou de bioxyde de manganèse dans d'assez larges limites, sans que la composition du produit change sensiblement, ce qui est généralement l'indice de la formation d'un composé défini. En fait, en opérant à 900°, nous avons préparé un composé dont la teneur a été pour trois expériences successives : 79,27, 79,00 et 79,52 pour 100, valeurs correspondant à celle du siliciure $SiMn^2$ (Mn, 79,72 pour 100).

Pour expliquer la formation de ce siliciure, on peut admettre que le métal alcalin réduit simultanément le fluorure de silicium et le fluorure ou l'oxyde de manganèse. C'est, d'ailleurs, par cette double réduction,

effectuée au four Perrot avec du sodium métallique, que Lebeau ([4]) a préparé ce même siliciure.

Nous avons utilisé ensuite l'électrolyse des fluosilicates alcalins pour combiner le silicium avec d'autres métaux. L'électrolyse de mélanges alcalins et de fluorure de chrome ou de chromates alcalins nous a donné le siliciure $SiCr^3$ (teneur trouvée pour Cr 84,3 et 83,5 pour 100).

De même, les fluosilicates alcalins additionnés d'oxyde de fer nous ont conduit au siliciure $SiFe^2$ (teneur trouvée pour Fe 80,5 pour 100).

Nous avons obtenu le siliciure Si^2Ti (Ti 45,8 pour 100) en électrolysant pendant une heure du fluosilicate de potassium contenant un peu d'oxyde de titane, tandis que les bains préparés avec le fluosilicate de sodium fournissaient des sous-oxydes violets de titane.

En résumé, l'électrolyse des fluosilicates alcalins, additionnés de fluorures ou d'oxydes métalliques, nous a permis de préparer les siliciures $SiMn^2$, $SiFe^2$, $SiCr^3$, Si^2Ti.

La formation de ces siliciures peut s'expliquer par la combinaison du silicium et du métal ayant pris naissance au voisinage de la cathode, sous l'action du métal alcalin libéré électrolytiquement.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption ultraviolets de quelques molécules organiques.* Note de M. **Stephan Vencov**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons entrepris l'étude des spectres d'absorption des chlorures acides à l'état de vapeur en commençant par le chlorure d'acétyle. Nous avons employé les spectrographes Hilger E. 31 et le grand modèle E. I. La température a été toujours voisine de 20° C., le tube d'absorption avait 1^m de longueur et était muni d'un dispositif pour faire varier la pression. Une lampe à hydrogène servait de source.

Nous avons choisi des molécules différant soit par la nature de l'halogène, soit par le radical hydrocarboné.

On s'attendait à trouver que ces molécules plus compliquées aient un spectre d'absorption continu dont la limite varie avec la nature de la molécule et la pression.

Les composés suivants ont été étudiés (les limites moyennes des spectres

([4]) *Comptes rendus*, 86, 1903, p. 231.

d'absorption continus sont notées à côté), CH^3COCl (2750 Å), $CH^2ClCOCl$ (2625 Å), CCl^3COCl (2575 Å), C^2H^5COCl (2700 Å), C^3H^7COCl (2660 Å), CH^3COBr (2920 Å), $CH^2BrCOBr$ (2410 Å).

Ces valeurs doivent être rapprochées de CH^3COH (3050 Å), CCl^3COH (2850 Å) et CBr^3COH (2595 Å), déjà connues (¹).

Pour quelques-unes des molécules on a observé plusieurs maxima d'absorption CH^3COCl (2480 et 2150 Å), $CH^2ClCOCl$ (2350 et 2125 Å) et CCl^3COCl (2350 et 2100 Å).

On retrouve donc que le spectre d'absorption ultraviolet de composés du carbonyle est toujours situé entre 3700 et 2400 Å. On remarque aussi que la limite du spectre continu de dissociation se déplace vers l'ultraviolet à mesure que la masse de la molécule augmente. La présence de l'halogène a presque le même effet sur cette limite du spectre, qu'il soit attaché au radical hydrocarboné ou au carbonyle.

Parmi les composés étudiés, seul le chlorure d'acétyle montre un spectre de prédissociation au début du spectre continu d'absorption. Vers 2890 Å apparaît une série de 25 à 30 bandes assez floues dont l'aspect ne change pas sensiblement avec la pression. Les microphotogrammes nous révèlent l'existence d'une régularité assez marquée. Les plus intenses sont 2842 Å (35170 cm^{-1}), 2820 Å (35450 cm^{-1}), 2793 Å (35793 cm^{-1}), 2773 Å (36051 cm^{-1}), 2747 Å (36392 cm^{-1}) et 2727 Å (36659 cm^{-1}). Elles s'étendent sur des régions variant entre 50-65 cm^{-1}. Chacune de ces bandes est accompagnée par quatre autres plus étalées et dont les intensités diminuent vers le rouge. Le spectre dans son ensemble paraît être formé par deux systèmes de bandes correspondant aux états successifs de vibration.

Leurs séparations 260 et 342 cm^{-1} sont à rapprocher des fréquences 236 et 349 cm^{-1} trouvées dans le phénomène Raman de la molécule. Comme l'acide acétique n'a qu'un spectre continu d'absorption, on est conduit à comparer les résultats obtenus avec ceux donnés par l'aldéhyde acétique. D'après Schou (²) cette molécule possède en effet un double système de bandes séparées par 147 cm^{-1}.

Les autres bandes que nous avons trouvées ont pour longueurs d'onde (en Å) 2872, 2858, 2851, 2840, 2834, 2825, 2813, 2807, 2803, 2790,

---

(¹) Y. Hukumoto, *Sc. Rep. Tôhoku*, **23**, 1934, p. 62; R. Rehman, R. Samuel et Sharf, *Ind. Journ. of Phys.*, **17**, 1934, p. 537.

(²) *Journ. Chim. Phys.*, **26**, 1929, p. 29.

2785, 2779, 2766, 2757, 2750, 2743, 2739, 2734. Il est difficile de donner des précisions sur leurs intensités parce que, pour la plupart d'entre elles, l'absorption continue se superpose à l'absorption quantifiée. Prenons comme limite de la prédissociation de CH^3COCl la bande 2820 Å (100,9 K.Cal.), qui est la première bande, la plus intense et la plus nette et correspond aussi à la limite presque constante de l'absorption continue pour les grandes pressions. La chaleur de combustion de cette molécule est 234,4 K.Cal. et celle du $CH^3Cl + CO$ est de 232 K.Cal. Donc $CH^3COCl = CH^3Cl + CO - 2,2$ K. Cal. D'autre part, on sait que $CH^3Cl = CH^3 + Cl - 105,6$ K.Cal. Donc le mécanisme probable de la dissociation est $CH^3COCl = CH^3 + Cl + CO - 107,8$ K.Cal. Il est bien probable aussi que CO est excité par le mécanisme décrit par Cherton ([3]) où la radiation absorbée ne servirait qu'à produire l'excitation d'un radical de la molécule, celui-ci, dans l'espèce CO, étant ainsi amené dans un état d'excitation dont l'énergie est suffisante pour vaincre l'union avec le reste de la molécule.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur la sensibilisation des piles photovoltaïques réversibles.* Note ([1]) de M. **Sreten Schlivitch**, présentée par M. Aimé Cotton.

On a étudié à plusieurs reprises les piles photovoltaïques constituées par des électrodes plongées dans les solutions de leurs sels, en espérant trouver, dans ces combinaisons les plus simples, quelques éclaircissements sur le mécanisme de l'effet Becquerel. Le plus souvent on a fait des expériences sur des piles $Zn | SO^4Zn | Zn$ et $Cu | SO^4Cu | Cu$. Le zinc, pur ou amalgamé, perd ses propriétés photoélectriques quand il est immergé dans une solution de son sulfate.

Le cuivre, tant qu'il reste inaltéré chimiquement, n'est pas beaucoup plus sensible que le zinc. D'autre part, c'est un fait bien connu que l'addition de matières colorantes dans les piles augmente en général la f. e. m. due à l'éclairement. Pour ces raisons il nous a semblé intéressant de faire les expériences en sensibilisant les électrodes des éléments réversibles, en

([3]) *Bull. Soc. Roy. Sc. Liége*, **12**, 1937, p. 376.

([1]) Séance du 6 mars 1939.

prenant soin de refaire également les mesures qui ont été faites avec des piles non sensibilisées.

Les piles à électrodes de zinc dans les solutions de SO^4Zn de concentrations très variées ne donnent qu'un très faible effet positif, qui est certainement de nature thermique, car il n'apparaît que lorsqu'une des électrodes est éclairée par un arc. Un séjour prolongé des électrodes dans le liquide n'augmente pas leur sensibilité, quoiqu'elles se recouvrent d'une couche d'oxyde de zinc. Si l'on plonge au préalable ces électrodes dans une solution colorante (bleu de méthylène, uranine, rhodamine etc.), ou si l'on ajoute de ces matières à la solution de SO^4Zn, la sensibilité ne se trouve pas accrue, sauf si l'on emploie de fortes concentrations de bleu de méthylène et qu'on éclaire avec l'arc, auquel cas la f. e. m. peut atteindre 3mV. Une lampe à filament de 250 W ne produit aucun effet.

Une pile formée avec des électrodes de Cu plongées dans SO^4Cu ne présente pas, tout de suite après sa formation, d'effet Becquerel. Après un séjour plus ou moins prolongé dans le liquide, la surface des électrodes se recouvre d'une couche colorée qui s'est montrée très sensible à la lumière (Athanasiu, Audubert, Pionchon et Demora). Nous avons pu vérifier que cette sensibilisation spontanée se fait en effet dans les solutions de toutes concentrations, mais dans les solutions diluées (quelques dix-millièmes de la normale) elle s'effectue beaucoup plus rapidement que dans celles qui sont plus concentrées. Par exemple, dans une solution cinq fois plus étendue que la normale, une électrode acquiert sa sensibilité maxima après plusieurs jours.

La sensibilisation des électrodes de Cu par des colorants ne change pas les caractéristiques de ces piles. Tout au début de la formation la pile reste inactive, mais elle devient beaucoup plus rapidement sensible que sans colorant. Nous sommes ici aussi en présence d'une oxydation de Cu qui est accélérée par la présence des matières colorantes. Une telle pile peut être mise en circuit fermé sur un galvanomètre ou un microampèremètre qui dévie instantanément quand on éclaire une des électrodes. Le courant reste constant, même sans résistance extérieure, si l'on ne prolonge pas l'éclairement au delà d'une dizaine de minutes. Cette pile fonctionne à l'amplificateur. Il n'y a donc pas de différence entre une pile à électrodes sensibilisées aux colorants et une pile à électrodes de cuivre oxydé d'une autre manière. Donc, en sensibilisant les électrodes de la façon précédente, nous avons un moyen sûr et rapide de former une pile à électrodes de cuivre oxydé.

Les électrodes formées avec intervention d'un colorant peuvent être mises ensuite dans une solution autre que le SO^4Cu. Elles gardent leurs propriétés, mais quelquefois le sens du courant est inversé. Dans le cas du SO^4Cu ce courant part de l'électrode éclairée, dans une solution alcaline il a le sens contraire. Ces changements peuvent d'ailleurs se produire aussi dans d'autres conditions. Ainsi lorsque les électrodes sont plongées pendant des temps différents dans une solution diluée de SO^4Cu colorée faiblement par la rhodamine, en éclairant, l'une d'elles peut devenir positive et l'autre négative. Il semble que nous soyons ici en présence de la formation de deux oxydes de cuivre, qui, d'après certains auteurs, donnent des effets Becquerel de signes contraires.

Ajoutons enfin que l'inertie négligeable que présentent ces piles n'est pas une propriété exclusive des électrodes de cuivre. Si l'on trempe des électrodes en Pt sensibilisées par la rhodamine, dans une solution de SO^4Zn, elles répondent fidèlement à des temps d'éclairement très courts. Mais en tout cas avec les électrodes en Cu dans le SO^4Cu, les phénomènes de fatigue ou de polarisation sont moins prononcés.

PHOTOCHIMIE. — *Sur l'anisotropie d'absorption de différentes radiations pour les molécules de quelques colorants photosensibles.* Note [1] de M. **Serge Nikitine**, transmise par M. Pierre Weiss.

L'étude du photodichroïsme peut donner des renseignements sur l'anisotropie d'absorption des molécules des colorants photosensibles [2]. Je voudrais donner ici les résultats préliminaires d'une étude effectuée sur plusieurs colorants en mesurant en fonction de la longueur d'onde le photodicroïsme $\Delta = (K_x - K_y)/K_0$ obtenu après insolation en lumière blanche polarisée rectilignement.

J'ai montré [2] que, mesuré en fonction de la durée d'insolation pour la longueur d'onde correspondant au maximum de la bande d'absorption, le photodicroïsme présentait un maximum. Dans la présente étude les durées d'insolation étaient voisines de celles correspondant au maximum trouvé

---

(1) Séance du 6 mars 1939.

(2) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 973; 206, 1938, p. 1219; 207, 1938, p. 331; 207, 1938, p. 462, et 208, 1939, p. 513. Voir aussi G. Ungar, *Z. phys. Chem.*, B, 38, 1938, p. 427.

précédemment. Des lames de verre recouvertes de collodion étaient teintes avec de la cyanine, du pinacyanol ou de l'éosine. Les mesures de K_0 et de $K_x - K_y$ étaient effectuées avec le même monochromateur et dans une même installation, les premières à 1 ou 2 pour 100 près, les deuxièmes, qui se réduisent à des mesures polarimétriques, d'après la méthode de Cotton et Mouton [3], à environ 1′ près. Toutefois ces dernières étaient moins bonnes de part et d'autre du maximum de la bande d'absorption à cause de l'apparition, simultanément avec le dichroïsme, d'une biréfringence [4] qui, dans certaines mesures, n'était pas négligeable.

Pour les colorants étudiés le photodichroïsme Δ croît quand la longueur d'onde varie du bleu au rouge. Au bord rouge de la bande d'absorption cette variation est très accentuée et les valeurs de Δ se rapprochent de celles prévues par la théorie pour un oscillateur linéaire, sans jamais la dépasser. La figure représente, en trait interrompu, la variation de Δ et, en trait plein, la variation de K_0 en fonction de la longueur d'onde pour la cyanine. Dans une étude précédente [2] cette variation n'avait pas été mise en évidence, les mesures ayant été faites dans des conditions moins appropriées, dans un intervalle spectral plus petit et pour des durées d'insolation plus faibles.

La composition spectrale de la lumière blanche d'insolation ne semble pas pouvoir avoir un effet de premier ordre sur la variation du photodichroïsme en fonction de la longueur d'onde.

D'autre part différentes études de contrôle de l'installation de mesure ont fourni des résultats satisfaisants.

Mais on aurait pu se demander si les mesures de photodichroïsme n'auraient pu être faussées par l'induction moléculaire [5]. En effet, la concentration du colorant dans des couches de collodion est en général élevée, de l'ordre de 10^{-2} gr/cm³, à cause de la finesse de ces couches. Des mesures effectuées avec des couches de collodion épaisses, dans lesquelles la concentration était de l'ordre de 10^{-5} gr/cm³, ont confirmé la variation de Δ avec la longueur d'onde. Pour la cyanine on a trouvé, avec une couche épaisse, une courbe voisine de celle de la figure. Pour le pinacyanol et l'éosine le dichroïsme est plus fort dans une couche épaisse, mais sa variation reste considérable. La courbe d'absorption du pinacyanol n'est

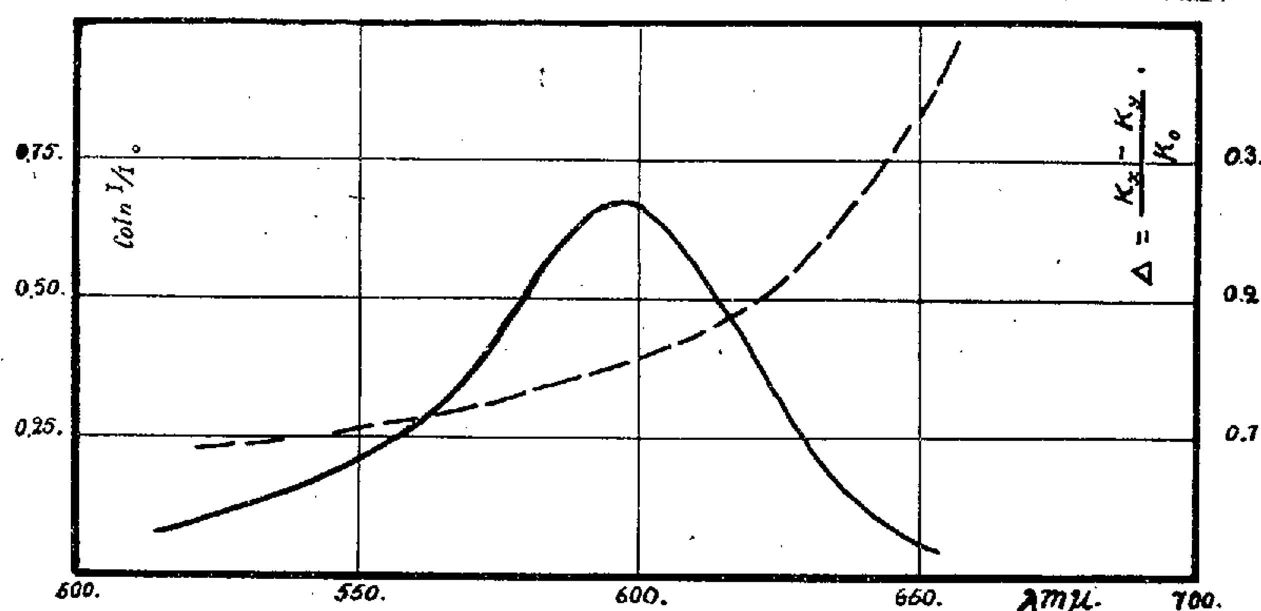
---

(3) *Ann. de Phys.*, 11, 1907, p. 145.

(4) H. Zocher et C. Jacoby, *Kolloidchem. Beih.*, 24, 1927, p. 365.

(5) J. Perrin, *Acta Phys. Pol.*, 5, 1936, p. 319 (Congrès de Varsovie).

pas tout à fait la même dans une couche épaisse que dans une couche mince; de plus, dans une couche épaisse, il est fluorescent.



Cette étude pose la question de la cause de la variation de Δ avec la longueur d'onde, et l'on pourrait se demander si elle ne serait pas due à une propriété des oscillateurs associés à l'absorption. Dans ce cas l'absorption de chaque radiation ferait intervenir un oscillateur d'anisotropie spécifique. Dans les cas étudiés les oscillateurs *rouges* seraient fortement anisotropes; les oscillateurs *bleus* le seraient beaucoup moins. La comparaison de ces hypothèses avec celles qu'on pourrait déduire de l'étude de la fluorescence ne manquerait pas d'être très instructive et ne semble pas conduire à une incompatibilité. Je reviendrai sur ce point ultérieurement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Bandes* (OH_V) *des acides à l'état de vapeur. Étude d'un nouvel harmonique.* Note de M. **Pierre Barchewitz**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons étudié, au moyen d'un spectrographe enregistreur à cellule photoélectrique, l'absorption des acides à l'état de vapeur, dans une région spectrale s'étendant de 6000 à 10000 Å.

De nombreuses études ont montré que les bandes (OH) des acides étaient complexes. On observe vers $2^{\mu},83$ une bande qui croît d'intensité quand la dilution de l'acide augmente; à l'état de vapeur cette bande se trouve vers $2^{\mu},79$ [1], elle correspond aux molécules non associées [bande

(1) A. M. Buswell, W. H. Rodesbusch et M. F. Roy, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 9, 1938, p. 2242.

(OH_V)]. Pour les alcools, cette bande peut être dédoublée sous certaines influences intramoléculaires. Des résultats analogues ont été trouvés pour les bandes oxhydriles des acides ([2]).

Enfin vers $3^{\mu},3$ une bande très large (OH_S), double, est due aux molécules associées (association intermoléculaire); pour les acides à l'état de vapeur, cette bande existe encore; elle n'existe pas pour les alcools dans les mêmes conditions.

Nous avons observé sur les enregistrements les deuxième et troisième harmoniques de la bande (OH_V) vers $2^{\mu},79$; le troisième harmonique n'avait pas encore été signalé à notre connaissance.

Les acides ont été vaporisés dans un tube ayant 100^{cm} de longueur et sous une pression voisine de la pression atmosphérique. Dans ces conditions le troisième harmonique est très peu visible.

Nous avons étudié les six premiers acides gras, ainsi que les acides benzoïque et orthochlorobenzoïque et les dérivés halogénés de l'acide acétique.

Le Tableau suivant donne la position des deuxième et troisième harmoniques de la bande (OH_V).

Acide.		2e harmonique.	3e harmonique.	Acide.		2e harmonique.	3e harmonique.
Formique......	λ	9829 9795	7586 7555	Butyrique.....	λ	9797	7556
	ν	10174 10209	13182 13236		ν	10207	13234
Acétique.......	λ	9782	7549	Isovalérique...	λ	9784	7552
	ν	10223	13247		ν	10221	13241
Monochloroacét.	λ	9780	7549	Hexanoïque *n*..	λ	9787	7556
	ν	10225	13247		ν	10218	13234
Dichloracét....	λ	9779	7543	Benzoïque.....	λ	9766	7535
	ν	10226	13257		ν	10240	13271
Trichloracét ...	λ	9780	7546	*o*-Chlorobenz ..	λ	9802	7566
	ν	10225	13252		ν	10202	13217
Propylique	λ	9776	7545				
	ν	10229	13254				

(λ en Å et ν en cm^{-1})

Comparaison de la bande (OH_V) *des acides et des alcools.* — La bande (OH_V) des acides est déplacée vers les grandes longueurs d'onde par rapport à la bande correspondante des alcools, de 150 Å environ pour le deuxième harmonique et de 130 Å pour le troisième. Ce grand déplacement est dû à l'interaction entre les groupements C=O et OH.

([2]) R. Freymann, *Journ. Physique*, 12, 1938, p. 517; P. Barchewitz, *Thèse*, Paris, 1938; J. J. Fox et A. E. Martin, *Nature*, 143, 1939, p. 199.

La bande des alcools se déplace vers les grandes longueurs d'onde, quand on monte dans la série homologue; pour les acides le déplacement n'est pas régulier et semble suivre une loi comparable à celle de la variation des points de fusion des acides.

La bande (OH_v) des dérivés halogénés de l'acide acétique a sensiblement la même position que celle de l'acide acétique, l'influence des moments de liaison C-halogène est par conséquent négligeable devant l'influence du groupement C=O sur le vibrateur OH.

L'orthochlorophénol présente à l'état de vapeur deux bandes nettement distinctes; au contraire, pour l'acide orthochlorobenzoïque, on observe qu'une seule bande très intense, si l'autre bande existe, elle est très faible.

Signalons de plus qu'entre le deuxième et le troisième harmonique, on observe une région de forte absorption qui doit correspondre au troisième harmonique de la bande fondamentale (OH_S) vers $3^\mu,3$, que nous étudierons ultérieurement.

Classification des bandes (OH_v) *des acides.* — Nous avons classé les bandes (OH_v) des acides, en nous servant de la formule classique de Kratzer $\nu_n = n\nu_0(1 - nX)$.

Les constantes sont $X = 0,0259$ et $\nu_0 = 3696$.

Le Tableau suivant donne la position (λ en μ et en ν cm^{-1}) de la bande fondamentale et des trois premiers harmoniques.

Harmonique n°		0.	1.	2.	3.
Position calculée	ν	3598	7009	10223	13247
	λ	2,778	1,427	0,9782	0,7549
» observée	ν	3586	?	10223	13247
	λ	2,79	?	0,9782	0,7549

PHYSICOCHIMIE. — *Étude de l'influence des hautes pressions sur la propagation des réactions dans les explosifs solides et en particulier dans les explosifs d'amorçage.* Note de MM. **Henri Muraour** et **James Basset**, présentée par M. Charles Fabry.

L'un de nous, en collaboration avec Schumacher, a étudié la propagation de la réaction explosive aux basses pressions et montré que les explosifs d'amorçage, dont le type est l'azoture de plomb, détonent encore dans le vide de la trompe à mercure (¹). A l'autre extrémité de l'échelle des

(¹) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1161; 199, 1934, p. 140.

pressions il était intéressant de rechercher l'influence que pouvait éventuellement exercer sur la propagation de ces mêmes réactions explosives, les hautes pressions accessibles grâce à l'appareillage réalisé par l'un de nous (²).

Les premières expériences ont été exécutées avec de l'azoture de plomb, utilisé soit sous forme d'aggloméré obtenu, par essorage à la trompe, d'azoture précipité à froid, et par conséquent finement divisé, soit sous forme de pastilles (poids environ 50^{mg}) obtenues par compression de l'azoture à 3000 kg/cm². L'explosif était placé sur un support constitué par une lame circulaire de mica de 18^{mm} de diamètre et de $0^{mm},02$ d'épaisseur, lame placée elle-même sur une mince feuille de laiton de même diamètre et de $0^{mm},15$ d'épaisseur. Cette lame était posée sur un anneau et n'était donc soutenue qu'à sa périphérie. Un fil de platine de $0^{mm},25$ de diamètre que l'on pouvait porter électriquement à haute température était placé au contact de l'explosif. Le tout était introduit dans une chambre à expériences entièrement métallique, d'un volume de 25^{cm^3}, dans laquelle le gaz choisi pouvait être comprimé sous des pressions pouvant atteindre 12000 kg/cm². La pression étant établie, le fil de platine servant à l'allumage était mis en court-circuit avec une batterie d'accumulateurs de neuf éléments, ce qui provoquait la fusion du fil. La pression dans l'appareil était alors ramenée à la pression atmosphérique et l'appareil ouvert.

Les premiers essais ont été exécutés dans l'azote en opérant successivement sous des pressions de 1000, 3000, 5000, 7000, 9000, 10000 et 12000 kg/cm². Alors qu'à la pression ordinaire la détonation de 50^{mg} d'azoture de plomb perce la plaque métallique d'un trou de 10^{mm} de diamètre, ce diamètre n'est plus que de 4^{mm} sous 1000 kg/cm² d'azote. L'effet mécanique est encore plus faible à 3000^{kg} et devient pratiquement nul à partir de 5000 kg/cm².

Une expérience de contrôle a été exécutée en opérant exactement comme il a été indiqué ci-dessus, mais sans provoquer la décomposition de l'azoture. La pression ayant été ramenée à la pression atmosphérique, l'appareil a été ouvert et l'on a retrouvé l'azoture de plomb intact. Celui-ci a détoné normalement au contact du fil rougi. Une expérience a été effectuée en

---

(²) J. Basset, *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 349; **191**, 1930, p. 1925; **195**, 1932, p. 1242.

substituant l'argon à l'azote (pression 9000 kg/cm²), le résultat n'a pas été modifié ; pas d'effet mécanique.

Enfin, un essai a été exécuté en substituant à l'azoture de plomb le perchlorate du diazo de métanitraniline aggloméré sous forme de plaquette par essorage sur filtre à vide. Ici encore, et contrairement à ce que l'on observe à l'air libre, la décomposition de l'explosif au contact du fil rougi n'a été accompagnée d'aucun effet mécanique.

Une expérience a été exécutée dans l'azote sous 10000 kg/cm² en provoquant la décomposition de l'azoture non plus au contact du fil rougi, mais en échauffant progressivement l'explosif dans toute sa masse. Le résultat a été identique à celui observé dans les expériences précédentes.

En résumé, en opérant sous haute pression, il a été possible d'observer pour l'azoture de plomb et pour le perchlorate du diazo de métanitraniline un régime de combustion, sans effet mécanique, inconnu jusqu'à ce jour pour ce type d'explosif (³).

Nous avons exécuté quelques essais en opérant non plus avec des explosifs d'amorçage mais avec deux explosifs du type secondaire : la dynamite gomme à 97 pour 100 de nitroglycérine et l'acide picrique utilisé sous forme de pastilles de 50^{mg} comprimées à la presse hydraulique à 3000 kg/cm². Dans l'azote comprimé 10000 kg/cm² ces deux explosifs ont brûlé sans détoner.

Nous n'aborderons pas dans cette Note la discussion sur l'interprétation théorique des phénomènes nouveaux que nous venons de signaler [effet de surcompression (⁴), rupture des chaînes énergétiques, modification du mode de transmission entre granules, action de la pression sur la réaction chimique, etc.]. Nous croyons en effet préférable d'accumuler, avant toute discussion, de nouvelles données expérimentales.

(³) Un régime de combustion par inflammation à l'air libre a été signalé par Burlot pour l'azoture de plomb industriel altéré par une longue conservation. Avec l'azoture de plomb fraîchement préparé, il y a toujours détonation.

(⁴) Il est à remarquer que l'effet de surcompression n'a jamais pu être observé jusqu'ici sur l'azoture de plomb (même comprimé à 6000 kg/cm² par Förg) et sur le perchlorate du diazo.

COLLOÏDES. — *Sur la coexistence des agrégats réversibles et irréversibles dans les gels thixotropes à particules hydrophobes.* Note (¹) de MM. **Wilfried Heller** et **Étienne Vassy**, présentée par M. Aimé Cotton.

On a démontré, par des expériences de centrifugation (²) et en particulier par la mise en évidence d'une variation isotherme et réversible de l'absorption (³), que la solidification thixotrope d'un sol à particules hydrophobes est précédée par la formation d'agrégats réversibles. Ces agrégats (qu'on a appelés *géloïdes*) s'associent en formant un réseau irrégulier à travers le sol

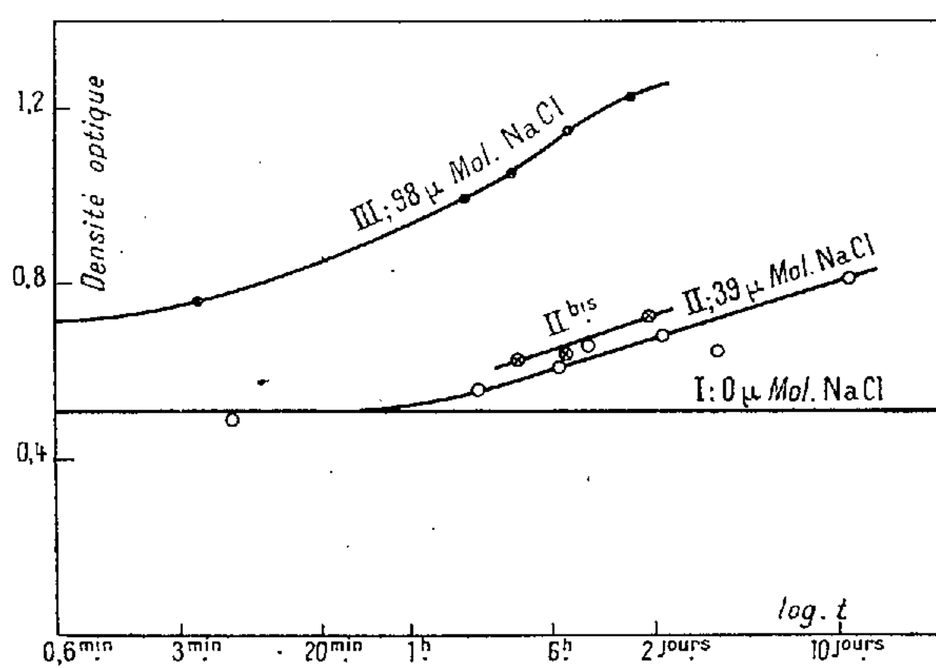


Fig. 1.

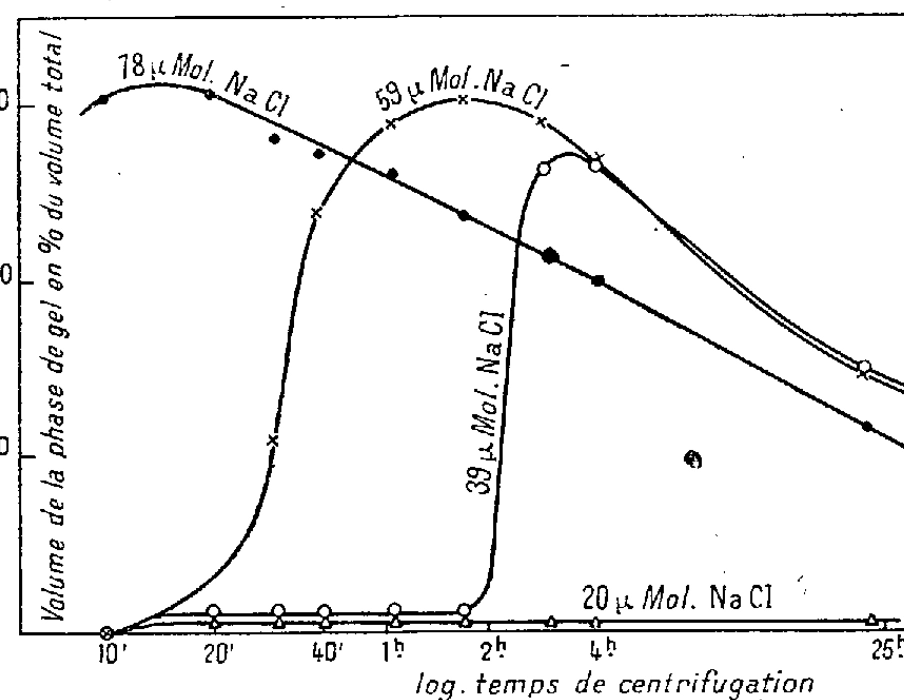


Fig. 2.

et en lui donnant ainsi le caractère d'un gel. Nous nous sommes demandé si ces agrégats réversibles sont, dans ces systèmes, les seuls à exister à côté des particules primaires.

On a abordé la question en suivant avec un spectrographe l'évolution *irréversible* de l'absorption dans un sol d'oxyde de fer (1g,64 de F^2O^3 pour 100g de solution) fraîchement additionné d'électrolyte (NaCl). A faible concentration l'électrolyte produisait la thixotropie et à plus forte concentration la coagulation. Quelques-uns des résultats se rapportant à la longueur d'onde 5420 Å sont donnés dans la figure 1 (*t*, temps écoulé

(¹) Séance du 6 mars 1939.

(²) W. Heller, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 61.

(³) W. Heller et G. Quimfe, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 857.

depuis l'addition de l'électrolyte; épaisseur de la couche $0^{cm},1$; température des solutions étudiées dans un thermostat 26°,0 C. Pour avoir partout la même concentration en fer, on diluait le sol non additionné d'électrolyte avec de l'eau). La droite I se rapporte au sol naturel, la courbe II au sol devenu thixotrope à partir de $t = 24$ heures, la courbe III se rapporte au sol à thixotropie intermédiaire subissant une synérèse suivie de coagulation après un temps d'environ deux semaines; la courbe se rapportant au sol coagulant lentement au cours de 24 heures sortirait de la figure. Ajoutons que le temps de coagulation tombait à 3 heures pour une concentration de 240 μmol NaCl par litre; on arrivait alors rapidement à une opacité complète dans les conditions expérimentales choisies. Les *temps de solidification* δ, 15 jours après l'addition de l'électrolyte, pour 26°,0 C. et pour un diamètre de tube de $0^{cm},5$, étaient les suivants : pour 78 μmol NaCl par litre, 8 minutes; pour 59 μmol, 24,5 minutes; pour 39 μmol, 210 minutes (6 mois plus tard on obtenait respectivement les valeurs 17, 60 et plus de 250 minutes).

La vitesse d'évolution de l'absorption et les opacités finales augmentent donc avec la concentration de l'électrolyte sans qu'il y ait de différences autres que des différences quantitatives entre les sols qui deviennent thixotropes et ceux qui coagulent. Dans les échantillons à évolution lente de l'absorption, on remarque l'existence, au début, d'un temps mort, phénomène qu'on rencontrait déjà lors de la formation des agrégats réversibles (2). Puisqu'une variation de l'hydratation des particules nettement diffractantes ne pourra intervenir que relativement peu, on pourra dire que dans les sols thixotropes une certaine quantité d'agrégats irréversibles se forme encore lors de la préparation des systèmes. La courbe II *bis*, se rapportant à une évolution à 34°C., montre que la formation des agrégats irréversibles est favorisée aux températures élevées. Ce fait connu pour la coagulation se retrouve donc encore dans le cas de la thixotropie.

La figure 2 met en évidence (pour les mêmes systèmes, âgés de 11 jours depuis l'addition de NaCl) la coexistence des agrégats réversibles. Pour la discussion de ces expériences de centrifugation faites à 27-28°C (où la force centrifuge appliquée était de $1500 \pm 150\,g$), on peut se reporter au travail déjà cité (2).

Le nombre des particules primaires disponibles pour la formation des agrégats réversibles diminue forcément à mesure que le nombre des agrégats irréversibles augmente. Il faut donc supposer que ceux-ci entravent la thixotropie, c'est-à-dire l'évolution isotherme et réversible de l'élasticité.

Évaluant l'élasticité finale d'après l'effort nécessaire pour liquéfier les gels solidifiés depuis quelques jours, on trouvait en effet dans les cas traités un maximum d'élasticité prononcé pour le système contenant 39 μmol NaCl seulement. Il est cependant probable que les agrégats irréversibles ne sont pas tout à fait indifférents à la solidification thixotrope, mais qu'ils soutiennent mécaniquement le réseau des agrégats réversibles. S'il en est ainsi, ils influeraient sur δ, mais peu sur l'élasticité. On pourrait expliquer alors l'observiaton faite par Hauser et Reed [4] que la grosseur initiale des particules influe beaucoup sur δ pour des concentrations faibles en électrolyte, mais comparativement très peu pour des concentrations élevées. Il y aura dans ce deuxième cas beaucoup d'agrégats irréversibles, ce qui rendra alors illusoire la recherche d'un rapport défini entre δ et la grosseur des particules primaires.

CHIMIE MINÉRALE. — *Chloruration du pentoxyde et du tétroxyde de niobium.* Note de M. **Pierre Süe**, présentée par M. Paul Lebeau.

Dès le début de mes recherches sur le niobium, je m'étais occupé spécialement de la chloruration du pentoxyde Nb^2O^5 pour préparer le pentachlorure pur $NbCl^5$ en vue de l'étude de sa réduction. Dans ma précédente publication [1], le caractère fortement réducteur du tétroxyde Nb^2O^4 a été mis en évidence. L'action du chlore sur ce sous-oxyde devait être également très intense, et j'en ai entrepris l'examen tant pour connaître les chlorures formés, que pour comparer les modes d'action du chlore sur Nb^2O^4 et sur Nb^2O^5.

Pour préparer $NbCl^5$ il est indispensable d'ajouter du charbon au pentoxyde de niobium; avec le tétroxyde, au contraire, celui-ci étant un réducteur énergique, l'action du chlore conduit directement au pentachlorure. Les résultats sont donc comparables, et ces deux réactions permettent d'obtenir le pentachlorure de niobium.

Réaction avec le pentoxyde de niobium. — Lorsque l'on fait passer un courant de chlore sur un mélange chauffé de pentoxyde et de charbon, on obtient toujours, quelles que soient les précautions prises, du pentachlorure

---

(4) *Journ. Phys. Chem.*, **41**, 1937, p. 911.

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **6**, 1939 (sous presse).

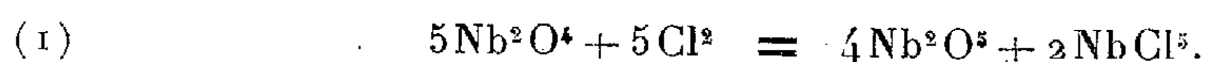
et de l'oxychlorure $NbOCl^3$. Les différents chercheurs qui ont utilisé cette méthode insistent sur les multiples difficultés qu'ils ont rencontrées pour séparer ces deux corps, facilement décomposables à l'air et dont les propriétés sont voisines.

Cette formation simultanée des deux chlorures peut être attribuée au trop faible pouvoir réducteur du charbon aux températures utilisées pour l'attaque du pentoxyde. Ceci m'a conduit à tenter d'éliminer ultérieurement l'oxychlorure, en faisant passer le mélange des vapeurs entraînées par le chlore, sur du charbon suffisamment chauffé. L'expérience montre qu'en opérant vers 700° l'oxychlorure présent est complètement transformé en pentachlorure.

Le mélange d'une partie en poids de Nb^2O^5 et de quatre parties de charbon placé dans un tube en verre pyrex réagit avec le chlore vers 300°; un peu plus loin, se trouve la colonne de charbon servant à la réduction du $NbOCl^3$. Il importe pour réussir cette opération de dessécher très soigneusement l'appareil, les corps mis à réagir et le chlore. Toute trace d'air doit être évitée. Lorsque la réaction est terminée le chlore est chassé par un courant d'azote sec, et le pentachlorure de couleur jaune citron est scellé dans le tube où il a été préparé. L'oxychlorure blanc est très volumineux, il se distingue facilement du pentachlorure, et de petites quantités sont très aisément visibles. Nous n'en avons jamais observé dans nos préparations. L'absence de cet oxychlorure est d'ailleurs confirmée par les résultats de l'analyse du $NbCl^5$ obtenu (calculé °/₀, Nb 34,45; Cl 65,55; trouvé °/₀, Nb 34,53; 34,42; 34,40; Cl 65,68; 65,62; 65,62).

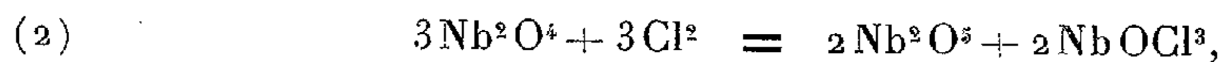
Réaction avec le tétroxyde de niobium. — Le tétroxyde réagit directement avec le chlore dès 200°. A 400° la réaction est terminée, et il ne reste dans la nacelle que du pentoxyde. Le pentachlorure obtenu est pratiquement exempt d'oxychlorure.

Ces résultats peuvent s'interpréter en admettant que le chlore donne directement $NbCl^5$ selon l'équation



(1) $$5Nb^2O^4 + 5Cl^2 = 4Nb^2O^5 + 2NbCl^5.$$

Dans ces conditions le rapport Nb^2O^5/Nb^2O^4 est 4/5. S'il se forme $NbOCl^3$ d'après

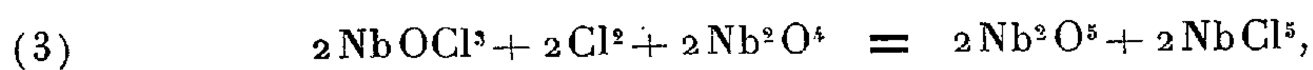


(2) $$3Nb^2O^4 + 3Cl^2 = 2Nb^2O^5 + 2NbOCl^3,$$

le rapport est au contraire de 2/3. Les valeurs expérimentales obtenues

sont de 0,808 et 0,789. La bonne concordance avec la valeur $4/5 = 0,8$ confirme la formation exclusive de $NbCl^5$.

Ceci n'exclue d'ailleurs pas la possibilité de la formation de $NbOCl^3$ comme terme intermédiaire. Nous savons en effet que Nb^2O^4 est un réducteur très énergique et actif même à basse température. Il est de ce fait susceptible de jouer le même rôle que le charbon à 700° et de réduire le $NbOCl^3$ au fur et à mesure de sa formation suivant la réaction

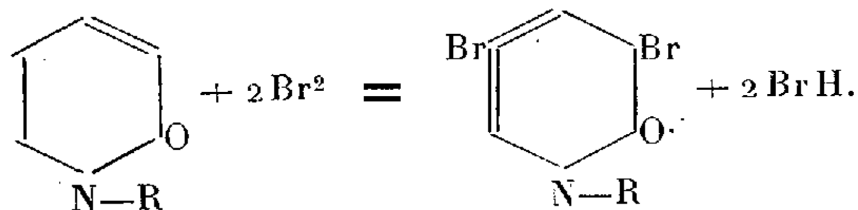


$$(3) \qquad 2NbOCl^3 + 2Cl^2 + 2Nb^2O^4 = 2Nb^2O^5 + 2NbCl^5,$$

qui conduit en définitive à l'équation globale (1).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du brome sur quelques α-pyridones N substituées.* Note de M. **Jean-Albert Gautier**, présentée par M. Auguste Behal.

J'ai décrit un certain nombre d'α-pyridones à fonction alcoolique [1] et montré que leur noyau, fixant facilement $2H_2$ par voie catalytique, se comportait comme un système insaturé. J'avais noté, de plus, que ces composés fixaient le brome, à l'inverse des pipéridones qui en dérivent par hydrogénation, et il m'avait paru logique d'admettre l'addition pure et simple de cet halogène sur les doubles liaisons nucléaires. Toutefois, Decker et Kauffmann [2], ainsi que Neundlinger et Chur [3], ayant décrit des dérivés bromés *de substitution* dans le cas de la N-méthyl-α-pyridone, il y avait lieu de vérifier le bien-fondé de ma première hypothèse. La présente Note résume mes recherches; elles m'ont amené à conclure qu'en réalité les pyridones du type que j'ai étudié fixent 2^{at} de Br par substitution en 3-5 avec élimination de BrH, sans donner aucun composé d'addition stable.



(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1124; **198**, 1934, p. 1430; **203**, 1936, p. 794; **205**, 1937, p. 614; *Thèse Doct. Sc. phys.*, Paris, 1937.

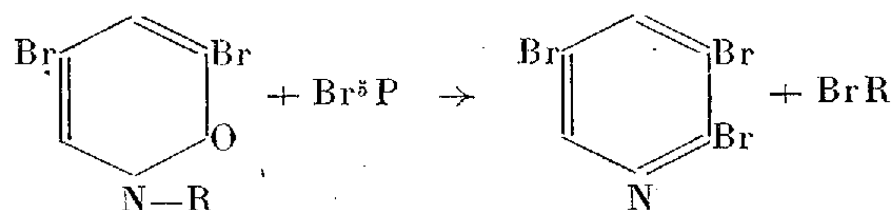
(2) *Journ. prakt. Chem.*, **84**, 1911, p. 425.

(3) *Journ. prakt. Chem.*, **89**, 1914, p. 466.

J'ai expérimenté d'abord avec les α-pyridones hydroxyéthylée ($R = CH^2CH^2OH$) et hydroxyphénéthylée ($R = CH^2 - CHOH - C^6H^5$). Les réactions sont analogues dans les deux cas.

Pyridone hydroxyéthylée $(C^5H^4ON) - CH^2 - CH^2 - (OH)$. — La pyridone en solution acétique est additionnée de brome en solution acétique normale (4 atomes), goutte à goutte sous refroidissement; après contact on dilue au moyen de l'eau jusqu'à début de trouble et l'on ajoute un peu de SO^3NaH; par nouvelle addition d'eau il précipite des cristaux qui, après purification (alcool-éther), fondent à 168°,5. Les eaux-mères, concentrées et neutralisées, en abandonnent une nouvelle quantité. Rendement total 70 pour 100.

Le composé obtenu est insoluble dans l'eau, soluble dans les solvants organiques; l'analyse lui assigne la formule d'un dérivé dibromé de substitution $C^7H^7O^2NBr^2$. Il donne un ester benzoïque F. 107°. Sa constitution correspond au dérivé 3-5 disubstitué. J'ai employé, pour l'établir, une méthode déjà utilisée par Fischer et Chur ([4]); elle consiste à transformer l'α-pyridone dihalogénée 3-5 en 2-3-5 trihalogénopyridine au moyen des halogénures de phosphore.



J'ai chauffé 1g,85 de dérivé dibromé en tube scellé pendant 6 heures à 150° avec 3g,3 de Br^5P et 1g,7 de Br^3P; après ouverture du tube, on recueille son contenu dans l'eau glacée et l'on neutralise par CO^3Na^2; un entraînement à la vapeur permet alors d'isoler 0g,95 de tribromopyridine, caractérisée par son point de fusion (46°) et son chloromercurate F. 181-182°. Les queues de l'entraînement présentent l'odeur de la bromhydrine du glycol (transformation du reste à l'azote).

Pyridone hydroxyphénéthylée $(C^5H^4ON)—CH^2—CHOH—C^6H^5$. — L'opération est conduite comme dans le cas précédent. On obtient le composé dibromé 3-5 correspondant, sous forme de cristaux F. 166°, sa constitution est vérifiée comme précédemment.

J'ai expérimenté également avec les *α-pyridones hydroxyalcoxylées* $(C^5H^4ON)CH^2CHOH - CH^2OR$, dont j'ai donné précédemment la

---

([4]) *Journ. prakt. Chem.*, 93, 1916, p. 363.

préparation; mais avec ces composés peu stables, je n'ai pu obtenir aucun dérivé bromé se formant avec un rendement appréciable. L'action de l'halogène semble porter en premier lieu sur la chaîne à l'azote, qu'elle décompose profondément.

Observations sur le mode d'action de l'halogène. — En procédant à la bromation des pyridones hydroxyéthylée et hydroxyphénéthylée en milieu chloroformique et avec un excès de pyridone (2^{at} de Br par molécule), j'ai observé la précipitation constante de cristaux orangés retenant énergiquement l'halogène; par lavages à l'éther et cristallisations répétées, j'ai pu en isoler des cristaux incolores constitués par le mélange des bromhydrates des pyridones mises en œuvre (action de BrH formé sur l'excès de pyridone) avec de petites quantités de composés fortement bromés, solubles dans l'eau, instables, dont je n'ai pu établir la constitution; on ne peut les identifier aux bromhydrates des dérivés dibromés 3-5; j'ai vérifié d'ailleurs que ceux-ci, peu basiques, ne fixent pas BrH. Peut-être doit-on les rapprocher des produits perbromés fréquemment décrits comme composés intermédiaires dans la bromation des amines aromatiques.

De plus, dans l'action de Br en excès sur les pyridones en milieu aqueux, j'ai observé la formation de substances intensément colorées en bleu, non isolables; elles sont détruites par les alcalis et rappellent les produits d'addition colorés et instables, de valence anormale, signalés aussi dans l'action du brome sur certaines amines.

Conclusion. — Le brome se fixe sur les α-pyridones du type étudié, non par addition, mais par substitution en 3-5; il est intéressant d'observer que ces corps à noyau α-pyridonique, qui réagissent en général comme des composés insaturés, se comportent vis-à-vis du brome à l'instar des composés benzéniques, non susceptibles d'additivité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Halogénométhylation de dérivés aromatiques en milieu acétique homogène.* Note de M. **Georges Darzens**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai donné, en collaboration avec M. A. Lévy, un procédé permettant de préparer facilement les dérivés chloro- et bromo-méthyles du naphtalène et de ses homologues [1].

---

(1) G. Darzens et A. Lévy, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 73.

Ce procédé consiste essentiellement à chauffer en vase clos et à une température de 60° à 70° une solution homogène dans l'acide acétique d'une molécule du dérivé naphtalinique avec une molécule de trioxyméthylène et une molécule d'un hydracide anhydre.

Il m'a paru intéressant de rechercher si ce procédé pouvait se généraliser à la monohalogénométhylation d'autres dérivés aromatiques. L'expérience vient de confirmer que cette généralisation était possible sous réserve de quelques modifications.

Avec les carbures benzéniques qui réagissent plus difficilement que le naphtalène, il est nécessaire de chauffer à une température plus élevée de 100° à 110°.

Pour monochlorométhyler le toluène on commence à préparer une solution en traitant par un courant de HCl sec un mélange de 30^g de trioxyméthylène et 300^g d'acide acétique; le mélange s'échauffe légèrement et devient homogène lorsque la quantité de HCl ajoutée est de 37^g. On ajoute alors 92^g de toluène (1^{mol}) et l'on chauffe le tout à 100°-110° en vase clos pendant 95 à 100 heures. Après refroidissement le liquide se divise en deux couches, on reprend par de l'eau et on extrait le produit suivant la technique habituelle. Le rendement est de 120^g environ (E_{18} 90°-92°), théorie $140^g,5$, soit 85 pour 100. C'est un mélange des dérivés *p* et *o* très riche en para.

Avec les homologues supérieurs du benzène (xylènes, cumols etc.), la réaction est plus aisée et les rendements encore plus élevés.

Lorsqu'il s'agit de dérivés nitrés ou halogénés du benzène qui réagissent plus difficilement, il convient d'ajouter une petite proportion de chlorure de zinc (40 à 50^g), et même, dans certains cas, 1^{mol} d'anhydride acétique pour éliminer l'eau de la réaction.

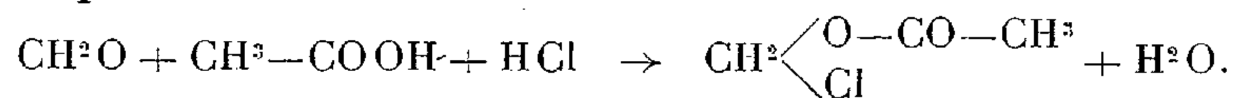
En chauffant à 75-80° pendant 75 heures une solution de 400^g acide acétique, 30^g triosyméthylène, 40^g HCl, 40^g $ZnCl^2$ et 153^g (1^{mol}) d'orthonitroanisol, on obtient 195^g du dérivé monochlorométhylé pur cristallisé et fondant à 86° déjà obtenu par M. Quelet et Mlle Y. Germain (²), soit un rendement de 96 pour 100.

En remplaçant l'acide chlorhydrique par la quantité correspondante d'acide bromhydrique, on obtient de même, mais avec un rendement plus élevé, les dérivés bromométhylés. Tous ces dérivés se prêtent à de multiples synthèses; en particulier, réduits par l'aluminium en présence

(²) *Bull. Soc. chim. France*, **1**, 1934, p. 67, et *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1442.

d'alcool chlorhydrique, ils donnent les carbures correspondants par élimination de l'halogène.

De ce qui précède il résulte que l'acide acétique agit non seulement comme solvant, mais également comme agent de condensation qui favorise la chlorométhylation, sans doute par suite de la formation d'un ester chloroacétique :



$$CH^2O + CH^3-COOH + HCl \rightarrow CH^2\begin{cases}O-CO-CH^3\\Cl\end{cases} + H^2O.$$

Cela résulte du fait qu'il permet le plus souvent la chlorométhylation directe sans catalyseurs, alors qu'en solution aqueuse il est toujours nécessaire d'ajouter $ZnCl^2$. Son action se révèle, d'autre part, par la formation de produits de condensation complexes si on élève trop la température.

GÉOLOGIE. — *Les dépôts marins quaternaires du nord-est de la Côte française des Somalis.* Note de MM. **René Abrard** et **Edgar Aubert de la Rüe**.

Au cours d'une reconnaissance effectuée en 1938 le long du Bab-el-Mandeb et du golfe d'Aden, l'un de nous [1] a pu examiner les dépôts marins qui affleurent d'une façon à peu près continue entre le Ras Doumeïra et le Ras Bir. Ces dépôts, datant du Quaternaire, reposent sur des rhyolites et des basaltes et sont recouverts, à l'Ouest, par des cailloutis fluviatiles. Ils forment la plus grande partie de la plaine côtière qui s'étend dans le nord-est de la Somalie française et leur largeur maximum oscille entre 10 et 15 kilomètres.

Ces formations marines, portées à des cotes variables, qui ne semblent pas excéder une vingtaine de mètres entre le Ras Doumeïra et Godoria, atteignent environ 60 mètres un peu au nord du Ras Bir et sont représentées par des récifs de Coraux et des calcaires contenant souvent des éléments volcaniques roulés.

La surface de ces dépôts, qui forment en plusieurs endroits des terrasses étagées très nettes, indiquant chacun un temps d'arrêt dans le mouvement d'émersion de la région, correspond à d'anciennes plages soulevées conte-

---

(1) E. Aubert de la Rüe.

nant une faune de Mollusques très riche. Des dunes et des limons salés, d'origine éolienne, les recouvrent assez souvent.

On peut observer au Ras Doumeïra, plaqués contre les rhyolites, des lambeaux de récifs, soulevés de 10^m à 15^m et d'autres, formant une terrasse nette à la cote 6. Les Mollusques suivants ont été recueillis dans les anfractuosités de ces derniers.

Arca nivea Chemn., *Tellina rugosa* Born., *Arcopagia remies* L., *Mitra chrysostoma* Swains, *Strombus tricornis* Lk., *Cypræa erosa* L.

A une dizaine de kilomètres plus au Sud, autour du poste de Doumeïra, les dunes, recouvrant une terrasse, dominant de 6^m le niveau actuel de la mer, contiennent notamment

Cypræa turdus Lk., *Strombus tricornis* Lk., *S. gibberulus* L.

Parmi de nombreux Mollusques trouvés sur une plage soulevée d'environ 6^m, à 3^{km} au sud de Khor-Anghar, près de la colline basaltique de Bourmaassani, nous citerons

Plicatula australis Lk., *Cardita variegata* Brug., *Cryptomya semistriata* Hanley., *Cerithium scabridum* Phil., *C. tæniatum* Sow., *Potamides palustris* L., *Strombus floridus* Lk., *Cassidula sp.*

La partie de la plaine côtière, comprise entre Godoria et le mont Assaguineïta, est jonchée, par endroits, de Mollusques et d'Échinides indiquant d'anciennes plages dont il est difficile d'apprécier exactement l'altitude en raison de l'éloignement de la mer. Il semble qu'elle est généralement comprise entre les cotes 0 et 20. Nous citerons, notamment, provenant d'entre la cuvette d'Hacoulta, légère dépression qui doit correspondre à une ancienne lagune et le pied de l'Assaguineïta, les Mollusques

Arca chlathrata Reeve, *A. rhombea* Born., *Cardium auricula* Forskal, *Crassatella Jousseaumi* Lamy, *Meretrix pulchra* Gray, *Circe corrugata* Chemn., *Venus foliacea* Phil., *Natica mamilla* L., *Nassa pulla* L., *Conus arenatus* Hw., *Melongena nodosa* Lk. et un Échinide extrêmement commun, *Laganum depressum* Less.

Un peu au nord de Ras Bir, les récifs soulevés forment deux terrasses situées respectivement à 40 et 60^m d'altitude, sur lesquelles on trouve en assez grand nombre, des coquillages et des débris de Coraux remaniés, restes d'anciennes plages.

Nous mentionnerons, parmi les Mollusques récoltés à la cote 40,

Meretrix pulchra Grey, *Lucina tigerina* L., *Circe pectinata* L., *Trochus dentatus*

Forskal, *Cerithium erythaeense* Lk., *C. vertagus* L., *C. fasciatum* Brug., *Strombus gibberulus* L., et un Echinide, *Laganum depressum* Less.

Les espèces les plus caractéristiques de la terrasse située au nord de Ras Bir à la cote 60 sont

Sunetta effosa Hanley, *Donax veneriformis* Lk., *Natica mamilla* L. et *Strombus gibberulus* L.

GÉOLOGIE. — *Découverte d'un lambeau de la nappe de la Simme dans les Préalpes du Chablais.* Note de M. **Élie Gagnebin**, présentée par M. François Grandjean.

La révision, pour le *Service de la Carte géologique de la France*, de la *Feuille de Thonon* m'a conduit à découvrir, en août 1938, un lambeau de la nappe de la Simme, pincé dans un synclinal de Flysch des Préalpes médianes.

Ce lambeau se trouve au col dominant les chalets de *Queffait*, environ 2500^{m} au nord-est du village de Vacheresse, 11800^{m} au sud-est d'Evian-les-Bains, à l'altitude de 1480 à 1490^{m}. Il est constitué uniquement, semble-t-il, par des couches de poudingue identique à celui que décrit A. Jeannet dans la nappe de la Simme (ou nappe rhétique) au nord des Tours d'Aï, dans les Préalpes vaudoises [1].

L'affleurement est mal visible, le long de l'arête boisée du col de Queffait, taillée dans le Flysch. Sur une trentaine de mètres à peine, des têtes de couches de poudingue apparaissent ici et là. Sur le versant nord-est, on en retrouve quelques bancs, bientôt cachés par le sol humide de la forêt. La pente est plus forte immédiatement au sud-ouest de l'arête; là, sur une hauteur d'environ 10^{m}, 5 ou 6 couches de poudingue affleurent, de 0^{m},50 à 1^{m} d'épaisseur, sans que l'on puisse rien observer de ce qui les sépare. Elles semblent plonger au N-W, de 25° à 30°, mais ce n'est pas des plus net. Les contacts, de part et d'autre, avec le Flysch des Préalpes médianes, ne sont pas visibles non plus.

Le poudingue est formé de galets bien arrondis, atteignant jusqu'à 15^{cm} ou 20^{cm} de diamètre, mais la plupart sont plus petits; un ciment sableux, roussâtre, les relie. Les éléments sont exactement ceux décrits par Jeannet (*loc. cit.*) : calcaires gris clair, calcaires siliceux, quartzites blancs, radio-

---

(1) *Monographie géologique des Tours d'Aï*, 1re partie (*Matériaux pour la Carte géol. de la Suisse*, nouv. série, 34e livr., 1913, p. 92-95, 133-134).

larites rouges et vertes, silex laiteux ou noirs, grès divers; pas d'éléments cristallins. J'ai comparé mes échantillons, mes coupes minces, avec ceux des Tours d'Aï : la similitude est parfaite.

La situation de ces poudingues dans la série stratigraphique, aux Tours d'Aï, et la trouvaille d'une Orbitoline (probablement *O. mamillata*) dans le ciment (*loc. cit.*, p. 94, 134) avaient permis à Jeannet de déterminer l'âge du complexe : *Cénomanien inférieur*. Je n'ai encore découvert aucun fossile caractéristique dans le ciment du poudingue du col de Queffait. Certains éléments sont riches en Calpionelles, en radiolaires, en spicules d'éponges silicieuses.

Jeannet supposait déjà, sans pouvoir l'affirmer (p. 92 et 136) ([2]), que les *poudingues de la Mocausa*, connus depuis longtemps dans la région de Château-d'Oex (Alpes vaudoises), n'étaient autres que ses poudingues cénomaniens de la nappe de la Simme. Cette identité est maintenant certaine, grâce aux recherches d'un de nos élèves, M. Pierre Freymond ([3]); la comparaison de mon matériel avec des échantillons de Château-d'Oex confirme aussi l'hypothèse de Jeannet.

Ces divers lambeaux de la nappe de la Simme, à Château-d'Oex, au nord des Tours d'Aï, au col de Queffait, sont dans une situation tectonique analogue, pincés dans la même zone synclinale des Préalpes médianes. Mais on ne les avait pas encore signalés dans cette zone, jusqu'ici, dans le Chablais.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Valeurs des éléments magnétiques à l'Observatoire de Chambon-la-Forêt (Loiret) au 1er janvier* 1939. Note de MM. **Louis Éblé** et **Gaston Gibault**, présentée par M. Charles Maurain.

Les valeurs des éléments magnétiques au 1er janvier 1939 sont déduites de toutes les valeurs horaires enregistrées au cours des mois de décembre 1938 et janvier 1939. Les variations séculaires sont les différences entre ces valeurs et celles qui ont été publiées pour le 1er janvier 1938. Celles-ci se trouvant, comme nous l'avons signalé, légèrement faussées par les nombreux orages magnétiques de janvier 1938, l'incertitude qui en

([2]) Voir aussi *Guide géol. de la Suisse*, Bâle, 1934, fasc. VI, p. 394.

([3]) Une Note de M. Freymond sur ce sujet paraîtra prochainement dans le *Bull. de la Soc. vaudoise des Sc. nat.*, Lausanne.

résulte sur les variations séculaires reste de même grandeur qu'au 1er janvier 1938, mais de signe contraire.

Valeurs absolues et variations séculaires des éléments magnétiques à l'Observatoire de Chambon-la-Forêt.
(Latitude 48°1′26″; longitude 2°15′36″ E. Gr.)

	Valeurs absolues pour l'époque 1939,0.	Variations séculaires.
Déclinaison	9° 5′,6	— 8′,8
Inclinaison	64°13′,1	— 0′,8
Composante horizontale	0,20026	+ 0,00027
Composante verticale	0,41459	+ 0,00030
Composante Nord	0,19774	+ 0,00035
Composante Ouest	0,03166	— 0,00045
Force totale	0,46042	+ 0,00036

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Origine de la coloration des aurores boréales du type* B. Note de M. **René Bernard**, présentée par M. Charles Fabry.

Indépendamment de leur forme, les manifestations aurorales peuvent être classées en trois groupes : *a.* les aurores ordinaires de teinte jaune vert; *b.* celles du type A, de couleur rouge sombre dans toute leur étendue; *c.* celles du type B, dont le bord inférieur seul est teinté de rouge vineux. La raie verte de l'oxygène λ 5577 Å et les bandes bleues de l'azote prédominent dans les aurores ordinaires. La coloration rouge caractéristique du type A est très probablement due à un accroissement considérable de l'intensité des raies rouges λ 6300-6364 Å de l'oxygène (1).

Les aurores du type B sont peu fréquentes, très mobiles et de faible durée; leur étude spectroscopique est, par suite, assez difficile. D'après L. Vegard (2), leur coloration serait due au renforcement des bandes du premier système positif de l'azote, et cet effet serait la conséquence d'un ralentissement des électrons excitateurs. Quelques observations spectroscopiques ont paru confirmer ce point de vue (3). Cependant Harang (4), examinant le même problème, est parvenu à une conclusion entièrement

(1) *Det Norske Vid. Akad. Avh.*, **1**, n° 2, 1926; *Nature*, **117**, 1926, p. 356.
(2) *Phil. Mag.*, **42**, 1921, p. 47; *Geofys. Publ.*, **10**, n° 4, 1932, p. 23.
(3) L. Vegard et E. Tönsberg, *Geofys. Publ.*, **11**, n° 16, 1937, p. 59.
(4) *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, **44**, 1935, p. 229; **48**, 1936, p. 1.

différente, à savoir que la coloration rouge devait être attribuée à l'exaltation des raies O I (6300-6364 Å), de même que pour les aurores du type A.

Pendant un séjour à l'Observatoire de Tromsö, au début de l'hiver 1937-1938, j'ai eu l'occasion d'observer plusieurs aurores du type B et d'en photographier le spectre. L'image de la lisière inférieure rouge de l'aurore (généralement en forme de draperie) était formée sur la fente du spectrographe. Une lunette de visée permettait de suivre le phénomène dans ses déplacements rapides et de repérer très exactement la région dont on enregistrait le spectre. Pour réduire le temps de pose au minimum, les plaques (Agfa I. S. S.) étaient hypersensibilisées par immersion dans l'ammoniaque.

Six clichés obtenus dans ces conditions montrent tous un *renforcement considérable des bandes de la région jaune rouge*. L'intensité de ces bandes est d'ailleurs en relation étroite avec la coloration plus ou moins vive directement observée, les spectrogrammes qui présentent les bandes les plus intenses correspondant aux aurores fortement colorées. Lorsque la teinte rouge est très accusée, le système de bandes est alors tellement développé qu'il masque complètement les raies 6300-6364. Il s'étend depuis la limite de sensibilité des plaques (6750 Å) jusqu'à 5100 Å, avec des maxima vers 6580, 6500, 6350, 6135, 6000, 5870, 5735, 5660, 5470, 5260 et 5130 Å. Dans le tableau suivant figurent, estimées de 0 à 20, les intensités relatives de chaque groupe dans l'aurore ordinaire et dans l'aurore rouge du type B, l'intensité 50 étant attribuée à la raie verte λ 5577 Å.

λ(Å) (5).	Int. dans l'aurore verte.	Int. dans l'aurore rouge.	λ(Å) (5).	Int. dans l'aurore verte.	Int. dans l'aurore rouge.
6580, 6500	6	20	5735	0	2
6350	0	6	5660	0	2
6300-6364 (0, 1)	8	8	5577 (0, 1)	50	50
6135	3	8	5470	0	2
6000	3	16	5260	0	2
5770	1	5	5130	0	1

L'exaltation des groupes 5870, 5735, 5470, 5260 et 5130 Å présente

(5) Il s'agit des longueurs d'onde approximatives des maxima d'intensité, car les groupes de bandes ne sont pas résolus, par suite de la faible dispersion du spectrographe utilisé (1500 Å par millimètre).

un intérêt particulier. Elle tend à prouver que ces bandes, généralement très faibles dans l'aurore jaune-verte, appartiennent au même système que les bandes rouges plus faciles à observer. L'origine de ces radiations sera discutée dans une prochaine publication. Mais, dès maintenant, il convient de noter qu'il semble difficile d'expliquer l'aspect particulier des spectres d'aurores rouges en faisant seulement intervenir les bandes du premier système positif de l'azote.

En dehors de toute interprétation, ces observations précisent les résultats obtenus antérieurement par Vegard. Grâce aux précautions prises, le renforcement des bandes jaune-rouge est seulement, sur mes clichés, beaucoup plus accusé. Par contre, je n'ai retrouvé sur aucun spectrogramme l'accroissement d'intensité du doublet 6300-6364, signalé par Harang à la suite d'une observation isolée.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'utilisation des uréides glyoxyliques par le* Soja. Note de MM. **Robert Échevin** et **Arthur Brunel**, transmise par M. Richard Fosse.

Les résultats qui nous ont été fournis par l'analyse de cultures aseptiques de *Soja* sur une solution d'allantoïne apportent l'appui d'une démonstration expérimentale aux vues exposées par R. Fosse et ses collaborateurs [1], relativement au rôle physiologique de l'allantoïne et de l'acide allantoïque chez les plantes supérieures. Ils nous ont permis de saisir, non seulement le passage de l'allantoïne à l'ammoniaque, au cours du métabolisme cellulaire, mais encore l'utilisation, dans la synthèse protéique, de l'azote ammoniacal ainsi formé.

Les cultures ont été constituées en transportant les graines de *Soja* sur deux milieux différents, le témoin représenté par de l'eau distillée, l'autre par une solution aqueuse d'allantoïne à 1 pour 1000. Les plantules ont végété sur les deux milieux pendant 22 jours, les unes à l'obscurité complète, les autres à la lumière. Les résultats concernant les rendements en poids ou les analyses des différentes formes d'azote contenues dans les quatre récoltes sont rapportés, dans le tableau ci-contre, à 100 plantules privées de leurs cotylédons; les activités enzymatiques sont exprimées en

(1) R. Fosse, P. De Graeve et P. E. Thomas, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 883 et 1264.

milligrammes de substances transformées par la totalité de la poudre d'organe fournie par le broyage de 100 plantules, cotylédons exclus.

	Cultures de *Soja* (100 plantules)			
	à l'obscurité sur		à la lumière sur	
	allantoïne.	eau distillée.	allantoïne.	eau distillée.
Substance sèche (mg)	5972	4866	7571	6107
N de l'allantoïne (mg)	37,2	24,7	60,6	23,7
N de l'acide allantoïque (mg)	104,1	30,2	63,6	15,8
N de l'ammoniaque (mg)	28,6	4,3	19,5	5,2
N des acides aminés (mg)	149,5	105,4	204,7	125,5
N des amides (mg)	147,6	100	168,7	97,2
N soluble total (mg)	472,5	282,4	523,8	290,5
N protéique (mg)	73,3	78,2	180,1	147,6
N total (mg)	545,8	360,6	703,9	438,1
Activité enzymatique :				
Allantoïnase	387	278	442	328
Allantoïcase	24	40	45	44
Uréase	1780	1070	1362	1151

Considérons tout d'abord les cultures effectuées à la lumière. L'apport d'allantoïne dans le milieu détermine une augmentation du rendement en substance sèche qui passe de $6^g,1$ dans les cultures témoins à $7^g,5$ dans les cultures sur allantoïne. L'analyse du liquide, au moment de la récolte, a montré que les plantules avaient absorbé 25 pour 100 de l'allantoïne mise à leur disposition, ce qui correspond, pour les 100 plantules, à une absorption d'azote d'environ $0^g,300$; c'est, à 10 pour 100 près, l'excédent d'azote total ($0^g,270$) contenu dans ces plantules par rapport à celles qui se sont développées sur l'eau distillée. Notons que tout l'azote restant au moment de la récolte dans le liquide de culture s'est retrouvé *uniquement* à l'état d'allantoïne, et que, par conséquent, les étapes de la dégradation de l'allantoïne, dont nous allons faire état dans ce qui va suivre, n'ont pu s'effectuer que dans la cellule elle-même.

L'excédent d'azote fourni par l'allantoïne se retrouve dans les plantules sous forme d'azote protéique et d'azote soluble; ce sont surtout les acides aminés et les amides qui augmentent d'une manière considérable; l'examen des chiffres met en évidence que l'azote absorbé sous forme d'allantoïne est utilisé pour la synthèse des protides en passant par les acides aminés et les amides. Remarquons d'autre part que, dans les deux sortes de cultures, ce n'est pas tant les teneurs en allantoïne qui diffèrent que celles de l'acide

allantoïque et de l'ammoniaque. Dès qu'elle a pénétré dans la cellule, l'allantoïne est dégradée jusqu'à l'ammoniaque par l'intermédiaire de l'acide allantoïque.

Les résultats d'analyses fournis par les deux cultures à l'obscurité font disparaître le doute qui pourrait subsister sur la réalité et le sens de cette dégradation : l'arrêt de la synthèse des acides aminés, des amides et des protides, dû à l'absence de lumière, détermine, dans les cultures sur allantoïne, une accumulation considérable d'acide allantoïque et d'ammoniaque, tandis que les teneurs des deux cultures en allantoïne sont à peu près semblables.

La comparaison des activités enzymatiques des plantules obtenues sur les deux milieux de culture, aussi bien à la lumière qu'à l'obscurité, fait ressortir l'intervention effective des enzymes allantoïnase et uréase dans le mécanisme biologique de la dégradation; les plantules récoltées sur les milieux à allantoïne ont des activités beaucoup plus élevées que celles qui ont été récoltées sur l'eau distillée.

Cette expérience met nettement en lumière le rôle physiologique des deux uréides glyoxyliques; l'allantoïne est dégradée dans la cellule du *Soja*, jusqu'à l'ammoniaque, en passant tout d'abord par l'acide allantoïque. Il ne paraît pas douteux que les enzymes interviennent effectivement dans la dégradation, suivant le schéma que nous avons proposé antérieurement ([2]); l'ammoniaque formée est utilisée dans l'édification des métabolites dont la condensation aboutit aux protides.

BOTANIQUE AGRICOLE. — *Contribution à l'étude des lodicules ou glumellules de l'Orge* (Hordeum sativum *Jess.*). Note ([1]) de M. **Pierre Bergal**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Dans une précédente Communication (1936) sur les moyens de distinguer les sortes pédigrées d'Orge, nous avons mis en évidence une série de petits caractères de l'épi. Nous avons poursuivi ce travail, avec le même objectif, en nous limitant à l'étude des lodicules.

En 1908, Broïli, observant la dimension des lodicules, signale des différences entre les Orges du type *nutans* et celles du type *erectum;* par la

([2]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 294.

([1]) Séance du 6 mars 1939.

suite, il n'utilise plus ce caractère. L'étude à laquelle nous nous sommes livré d'une manière systématique nous a permis de vérifier les observations de Broïli et de mettre en évidence plusieurs caractères intéressants. Leur constance a été vérifiée sur des sortes pédigrées provenant de milieux différents.

1° *Insertion des lodicules.* — L'étude des lodicules en place permet de constater, quant à leur mode d'insertion, une différence très nette entre les orges à épi lâche (*H. distichum nutans* Schüb, *H. hexastichum pallidum* Körn) et les orges à épi compact (*H. distichum erectum* Schüb, *H. distichum zeocrithum* Schüb, *H. hexastichum parallelum* Körn, *H. hexastichum pyramidatum* Körn).

La distinction entre les orges *nutans* et les orges *erectum* est beaucoup plus facile par ce caractère que par la forme de la base du grain définie par A. Atterberg en 1888.

2° *Dimensions et coloration des lodicules.* — La nécessité d'une étude plus poussée des lodicules nous a amené à les isoler, puis à les monter entre lame et lamelle, après coloration à la safranine à 0,2 pour 1000 pendant 5 heures environ. La mesure de la surface des lodicules conduit à séparer les deux mêmes groupes d'Orges que ci-dessus (épis lâches et épis compacts). Les mensurations au planimètre donnent, en chiffres moyens, respectivement $0^{mm^2},74$ pour les types *nutans* et $0^{mm^2},36$ pour les

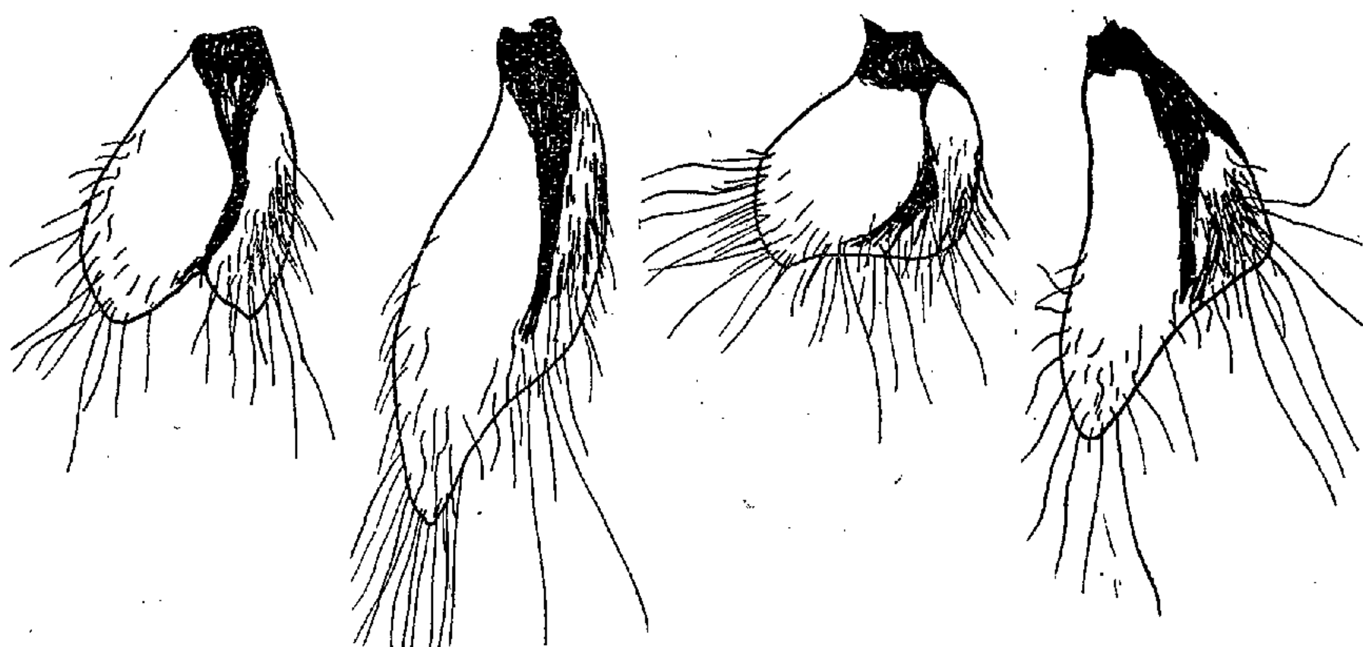


Fig. 1. — *Hordeum distichum nutans*, de gauche à droite, lodicules des variétés. Turquoise. Spratt-Archer. Madeleine. Probsdorf.

types *erectum*. La coloration des préparations aboutit à la même différenciation : coloration uniforme chez les Orges à épis compacts, tandis que chez les Orges à épis lâches les lodicules présentent une zone décolorée.

Remarquons qu'il existe chez les Orges du type *erectum* quelques variétés faisant exception. Ces variétés présentent des lodicules du type *nutans*, au triple point de vue : mode d'insertion, dimensions et coloration. Notons en outre qu'à l'inverse des autres variétés du groupe *erectum* qui sont cléistogames celles-ci ont des fleurs qui s'ouvrent à la floraison comme les variétés du type *nutans*. Il semble donc exister une corrélation assez étroite et qui mérite d'être signalée entre le mode de floraison et la taille des lodicules.

3° *Forme et pilosité des lodicules.* — La grande diversité de la forme constitue le résultat le plus important de cette étude. Chaque variété a une forme de lodicules qui lui est propre (*fig.* 1). Cette forme est stable d'une année à l'autre et pour des milieux différents. Ce caractère nous est apparu d'une telle importance que nous avons fondé sur lui un essai de classification par le seul examen des grains.

La pilosité varie d'une variété à l'autre, beaucoup moins que la forme. Toutefois, chez les Orges du type *erectum*, les poils sont en général plus longs (*fig.* 2).

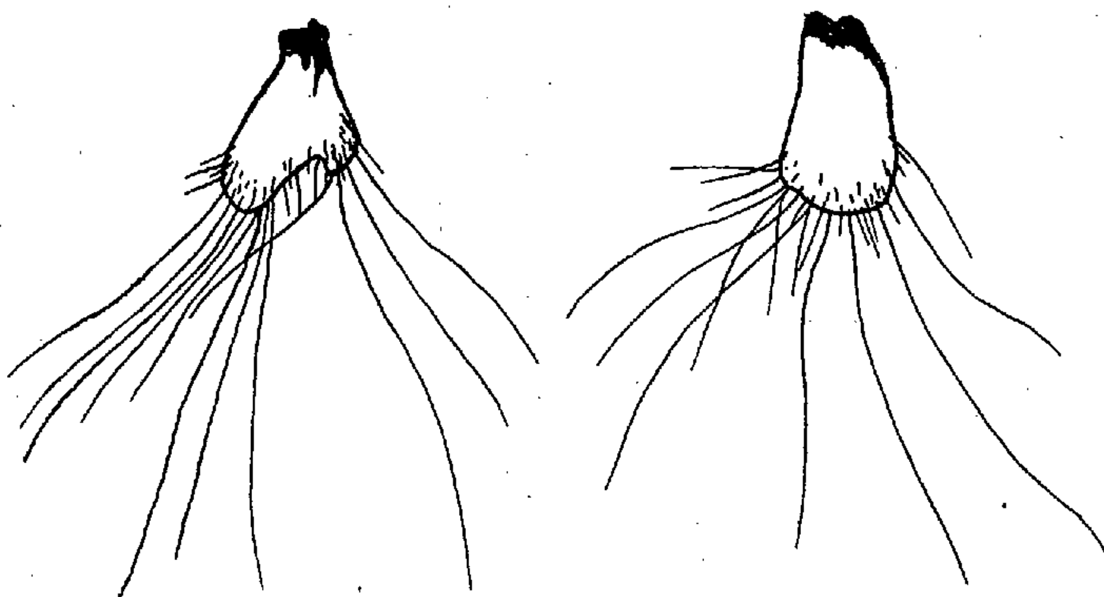


Fig. 2. — *Hordeum distichum erectum*, forme et pilosité des lodicules.
A gauche, Cou de Cygne; à droite, Goldthorpe.

Enfin il est intéressant de considérer que les caractères des lodicules peuvent être utilisés pour contrôler l'identité et la pureté des sortes entrant dans la préparation des malts. Une collection de préparations colorées servant de témoins permet de faire ces déterminations.

ZOOLOGIE. — *Rapports d'une larve de Coléoptère termitophile* (Troctontus appendiculatus *Silv.*) *avec ses hôtes*. Note [1] de M. **Pierre-P. Grassé**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nos connaissances sur la biologie des Insectes termitophiles sont faites de présomptions fondées sur des particularités anatomiques. L'observation et l'expérimentation relatives à ces curieux organismes se heurtent à de grandes difficultés, qui tiennent surtout à la physiologie de leurs hôtes, les Termites : photophobie, sensibilité aux ébranlements mécaniques, aux variations du degré hygrométrique etc.

Après bien des essais infructueux, je crois être le premier à avoir saisi sur le vif les relations de certains termitophiles avec leurs hôtes. Je parlerai ici de celles d'une larve de Coléoptère mélandryide, le *Troctontus appendiculatus* Silvestri, qui, en Côte d'Ivoire, habite les nids en carton de bois d'un Termite arboricole, le *Microcerotermes fuscotibialis* Sjöstedt.

Dans des nids artificiels en verre, dont l'atmosphère intérieure est maintenue à un degré hygrométrique élevé, j'ai conservé, en bon état, une population de *Microcerotermes fuscotibialis*, mélangée à quelques *Troctontus*.

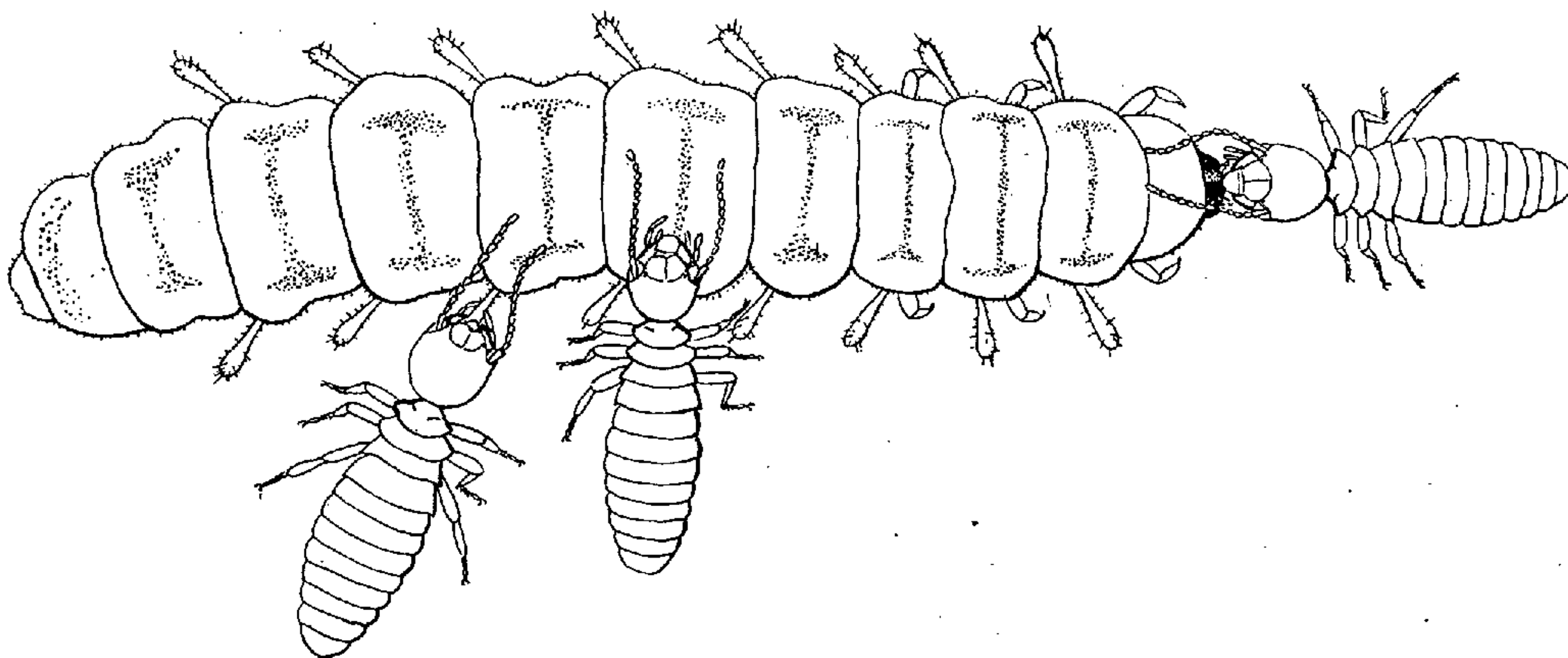
Les larves de ces Coléoptères, bien qu'assez indolentes, se déplacent dans le nid et passent d'une cellule à une autre. Les Termites ouvriers, à leur contact, réagissent vivement, dansent sur place comme lorsqu'un ébranlement mécanique les excite. Souvent aussi, l'ouvrier frappe, à petits coups rapides et répétés, la larve, ce qui ne provoque aucune réaction de fuite de la part de celle-ci.

La larve termitophile est nourrie à la becquée (*fig.*). Elle vient frotter sa bouche contre celle des ouvriers qui passent à sa portée, quémandant de la nourriture. Le plus souvent, le Termite sollicité s'arrête; les deux insectes se placent alors bouche contre bouche, le labre de la nourrice passant sur celui de la larve du Coléoptère. Celui-ci flatte de ses antennes les mandibules et les côtés de la tête de l'ouvrier, qui, sans arrêt, avec les siennes, caresse tête et thorax de la larve. Le Termite écarte les mandibules et régurgite une goutte d'un liquide limpide, qui m'a paru composé exclusivement de salive. La durée de l'acte est d'une minute à une minute et demie.

---

(1) Séance du 6 mars 1939.

Les ouvriers du *Microcerotermes fuscotibialis* sont friands des sécrétions cutanées du *Troctontus*. Nous avons fait connaître ([2]), chez une larve appartenant à une espèce voisine, *T. silvestrii*, les glandes tégumentaires, régulièrement réparties sur les divers segments, et les bizarres poils sécréteurs ou adénotriches, creux et fendus, implantés sur les appendices latéraux exsudatoires. La surface du corps, et plus encore les exsudatoires,



Larve de *Troctontus appendiculatus*, gavée et léchée par des ouvriers de *Microcerotermes fuscotibialis;* l'un d'eux (à gauche) tient un appendice exsudatoire entre ses pièces buccales.

sont léchés presque sans arrêt et avec un soin extrême par les ouvriers (*fig.*). Les caresses, par les antennes et les palpes, les chocs que les *Microcerotermes* donnent à la larve, stimulent, par voie réflexe, les sécrétions cutanées de celle-ci. En dehors de toute considération finaliste, il semble que le léchage procure une sensation agréable à la larve, qui s'y prête très volontiers. Gavage et léchage se pratiquent d'ailleurs simultanément (*fig.*).

L'attraction mutuelle que *Troctontus* et Termites éprouvent les uns pour les autres paraît être de nature olfactive et gustative.

En terminant, faisons remarquer que le régime alimentaire de la larve termitophile est exactement celui auquel est soumis la reine de la termitière.

([2]) P.-P. GRASSÉ et L. LESPERON, *Arch. Zool. Exp. et Gén.*, 79, VI, 1938, p. 463-486.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Répartition et localisation des caroténoïdes, des flavines et de l'acide-*l*-ascorbique chez les mollusques lamellibranches : cas des huîtres et des gryphées vertes et blanches.* Note de MM. **Georges Brooks** et **Robert Paulais**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La répartition et la localisation des caroténoïdes, des flavines et de l'acide-*l*-ascorbique chez les mollusques n'ont pas fait l'objet, jusqu'à présent, de recherches approfondies. Les renseignements que l'on possède sont peu nombreux et rarement quantitatifs : on peut seulement citer le travail de Mme L. Randoin basé sur des tests biologiques (1). Les recherches dont nous donnons aujourd'hui les résultats ont porté sur les divers organes des huîtres et des gryphées, vertes et blanches, qui nous ont été envoyées par M. Chaux-Thevenin. Les variétés vertes et blanches provenaient de lots de même origine et les diverses phases d'élevage sont connues. Les huîtres dites *Marennes* (*Ostrea edulis*) sont originaires de Locmariaquer en Bretagne et élevées à la Tremblade, et les gryphées dénommées *Portugaises* (*Gryphea angulata*) provenaient de naissain recueilli au Château d'Oléron.

Pour le dosage des caroténoïdes et des flavines nous avons employé la méthode déjà indiquée par l'un de nous (2) avec quelques modifications techniques nouvelles (adsorption microchromatographique sur Al^2O^3, manipulation à l'abri de la lumière, coefficient de partage des solvants etc.) que l'on trouvera décrites dans un autre Recueil. Mentionnons que les spectres d'absorption des caroténoïdes soigneusement isolés présentent, en général, dans C^6H^6, deux bandes à $484\text{-}454^{m\mu}$. Ces caroténoïdes sont probablement épiphasiques (3). On s'assure pour les flavines dosées qu'elles possèdent bien les caractères physicochimiques et spectrographiques de fluorescence connus. Ces flavines existent très peu à l'état libre, mais en grande partie sous forme de flavoprotéides décelés par des coupes histologiques immergées dans CH^3OH à 50 pour 100 et portées à l'étuve à 37°, ou traitées par CH^3COOH (4) et examinées au microfluoroscope de Reichert.

(1) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 498; *Vues actuelles sur le problème de l'alimentation*, 1937.

(2) G. Brooks, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 20, 1938, p. 498.

(3) E. Lederer, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 20, 1938, p. 554.

(4) M. Fontaine et R. Busnel, *Bull. Inst. Océan.*, n° 742, 1938.

Pour le dosage de l'acide-*l*-ascorbique, nous avons utilisé la microméthode de Birch, Harris et Ray [5] en employant le 2-6 dichlorophénol-indophénol avec un mélange de PO^3H à 2 pour 100 et CH^3COOH à 5 pour 100 [6] ajusté à pH 2,5.

Les tableaux qui suivent expriment la teneur en caroténoïdes, en flavines et en acide-*l* ascorbique des huîtres vertes et blanches en γ par gramme de tissus frais.

			γ par gramme de matière fraîche. Caroténoïdes.	Flavines.	Acide *l*-ascorbique
	Gryphea angulata Lam., mises en claires en automne 1937.				
1.	Portugaise verte.	Branchies, manteau...	0,6	2,0	18,4
		Masse viscérale.......	7,5	4,1	31,2
1 *bis*.	» blanche.	Branchies, manteau...	0,7	1,0	11,3
		Masse viscérale.......	11,8	2,1	44,5
2.	» verte.	Branchies, manteau...	1,6	2,0	12,8
		Masse viscérale.......	9,7	2,6	15,6
2 *bis*.	» blanche.	Branchies, manteau...	0,8	1,2	13,2
		Masse viscérale.......	16,0	4,5	19,8
3.	» verte.	Branchies, manteau...	0,4	0,8	10,5
		Masse viscérale.......	20,0	1,4	14,6
3 *bis*.	» blanche.	Branchies, manteau...	1,0	0,5	10,4
		Masse viscérale.......	22,0	1,6	22,5
	Ostrea edulis Lam., mises en claires en septembre 1937.				
1.	Marenne verte.	Branchies, manteau...	0,3	3,0	32,0
		Masse viscérale.......	3,1	3,8	64,5
1 *bis*.	» blanche.	Branchies, manteau...	0,6	2,0	30,0
		Masse viscérale.......	1,8	3,4	82,0
2.	» verte.	Branchies, manteau...	0,7	1,4	21,5
		Masse viscérale.......	1,2	3,5	44,0
2 *bis*.	» blanche.	Branchies, manteau...	0,2	3,8	20,0
		Masse viscérale.......	0,6	4,2	33,8
3.	» verte.	Branchies, manteau...	0,3	1,2	10,6
		Masse viscérale.......	1,6	2,8	34,2
3 *bis*.	» blanche.	Branchies, manteau...	2,8	0,9	16,8
		Masse viscérale.......	7,5	1,3	42,7

(5) *Biochem. J.*, 27, 1933, p. 590.
(6) R. Musulin et King, *Journ. of Biol. Chem.*, 116, 1936, p. 406.

On voit d'après les chiffres ci-dessus que les caroténoïdes, les flavines et l'acide-*l*-ascorbique sont inégalement répartis dans les différents organes; lorsque l'on compare les variétés vertes et blanches, les variations sont sensiblement parallèles dans les deux espèces et, dans leurs variétés vertes et blanches, existent en quantités de grandeurs comparables à celles de certains infiniment petits chimiques minéraux (7), (8). Ces résultats nous amènent à rappeler qu'on a pu démontrer pour certaines des substances dosées une synergie d'action avec les oligoéléments (9) qui jouent certainement un rôle important dans la physiologie cellulaire des mollusques.

De l'ensemble de ces résultats on constate que les caroténoïdes, les flavines et l'acide-*l*-ascorbique ont une répartition différente suivant les organes et sont surtout accumulés dans la masse viscérale.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Caractérisation de quelques acides α-aminés entrant dans la constitution des spermatophores des Céphalopodes.* Note de Mlle **Maryvonne Hamon**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons démontré (1) que les enveloppes et l'appareil de déhiscence des spermatophores des Céphalopodes sont formés de glucoprotides un peu spéciaux, dont le groupement prosthétique est constitué par des esters sulfuriques de polysaccharides. Il nous a été possible de reconnaître la présence de certains acides α-aminés qui entrent dans la constitution de la partie protidique des molécules.

Comme acides monobasiques monoaminés, nous avons pu caractériser la *phénylalanine* et la *tyrosine*.

La première est révélée par la méthode de Kapeller-Adler, que nous avons modifiée de la façon suivante. On traite à froid les spermatophores entiers par de l'acide sulfurique chargé de nitrate de potassium; puis, après 20 minutes de contact, on ajoute du chorhydrate d'hydroxylamine à 15 pour 100 et de l'ammoniaque concentrée. On obtient une coloration

---

(7) G. Bertrand et R. Vladesco, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 33, 1923, p. 341.

(8) R. Paulais, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 685; 204, 1937, p. 1508; Mme Brandt-Bauzemont et Wang-Tai-Si, *Thèses Sc.*, Paris, 1931 et 1928.

(9) G. Bertrand, *Rapport au VIe Conseil de Chimie Solvay*, Bruxelles, 1937; *VIe Congrès de Chim. Biol.*, Lyon, 1937, p. 67; *Arch. Inst. Prophylact.*, 10, 1938, p. 55.

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 387.

jaune de l'étui et de l'appareil de déhiscence; la trompe est colorée en mauve, le liquide à l'intérieur de l'enveloppe, autour du réservoir spermatique, devient rose. Ces teintes mauves ou roses décèlent la présence d'une faible quantité de phénylalanine, dans les régions où elles se produisent.

La tyrosine est mise en évidence par la réaction de Millon sur le produit de l'hydrolyse enzymatique et sur l'étui entier. La réaction de Mœrner (coloration verte par le formol sulfurique à chaud) est positive, mais faible, sur le spermatophore. La présence de groupements phénoliques est confirmée par la diazoréaction qui les caractérise (coloration rouge orangé par l'acide sulfanilique et le nitrite de sodium, en alcalinisant par le carbonate de soude). Le noyau phénolique de la tyrosine n'est cependant pas le seul présent dans la protéine, car la réaction chromaffine (coloration produite par un oxydant tel que le bichromate de potasse ou l'iodate de potassium), qui est spécifique des polyphénols, aminophénols ou polyamines en position ortho ou para, est positive sur l'appareil de déhiscence. L'étui, par contre, reste incolore.

En ce qui concerne les acides thioaminés, la recherche des produits sulfurés, aussi bien *in situ* que dans le liquide d'hydrolyse, nous a donné un résultat positif avec l'acétate de plomb. Le nitroprussiate de soude ne fournit la coloration rouge violacé caractérisant les groupements SH qu'après réduction par le cyanure de K à 10 pour 100, qui révèle dans le spermatophore des substances à fonction sulfhydrile solubles.

Après démasquage par l'acide trichloracétique, on obtient la réaction au nitroprussiate très atténuée; celle fournie par l'acétate de plomb est encore très vive. On met en évidence ainsi les substances à SH fixes.

Les autres réactions caractérisant la *cystéine* sont également positives (action de HCl additionné de $FeCl^3$), surtout après réduction par le sulfite de sodium.

Comme acides monobasiques diaminés, nous avons trouvé l'*arginine* révélée par la réaction de Sakaguchi (coloration rouge par l'α-naphtol alcoolique en présence de soude, puis par l'hypochlorite de soude), par celle de Harden et Norris (coloration violette par une solution fraîche de diacétyle en milieu alcalin).

Les composés hétérocycliques sont représentés par le *tryptophane*, dont toutes les réactions sont positives : celle d'Adamkiewicz, modifiée par Furth et Lieben (coloration violette par le formol chlorhydrique, puis addition de nitrite de soude); coloration violette par le glucose chlorhydrique. L'intensité des colorations permet de localiser le tryptophane,

surtout dans la région moyenne de l'appareil de déhiscence; en particulier chez *Loligo*.

La recherche de l'*histidine* a été faite par l'eau de brome acétifiée, puis le carbonate d'ammonium additionné d'ammoniaque concentrée; par l'acide sulfanilique, nitrite de sodium et carbonate de soude, et a toujours été négative.

En résumé, la nature des acides α-aminés que nous avons pu reconnaître d'une part, la présence, dans la molécule, d'un groupement prosthétique formé d'esthers sulfuriques de polysaccharides, signalé dans notre Note précédente d'autre part, nous amènent à la conclusion que les constituants des spermatophores des Céphalopodes sont des scléroprotéines particulières. Elles apparaissent, en effet, comme des dérivés très spéciaux des mucoprotides, si abondants chez les Mollusques.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Étude des variations de la concentration moléculaire de l'urine des Téléostéens Sténohalins d'eau douce, en fonction des variations de salinité du milieu extérieur.* Note de Mlle **Georgette Martret**, présentée par M. Paul Portier.

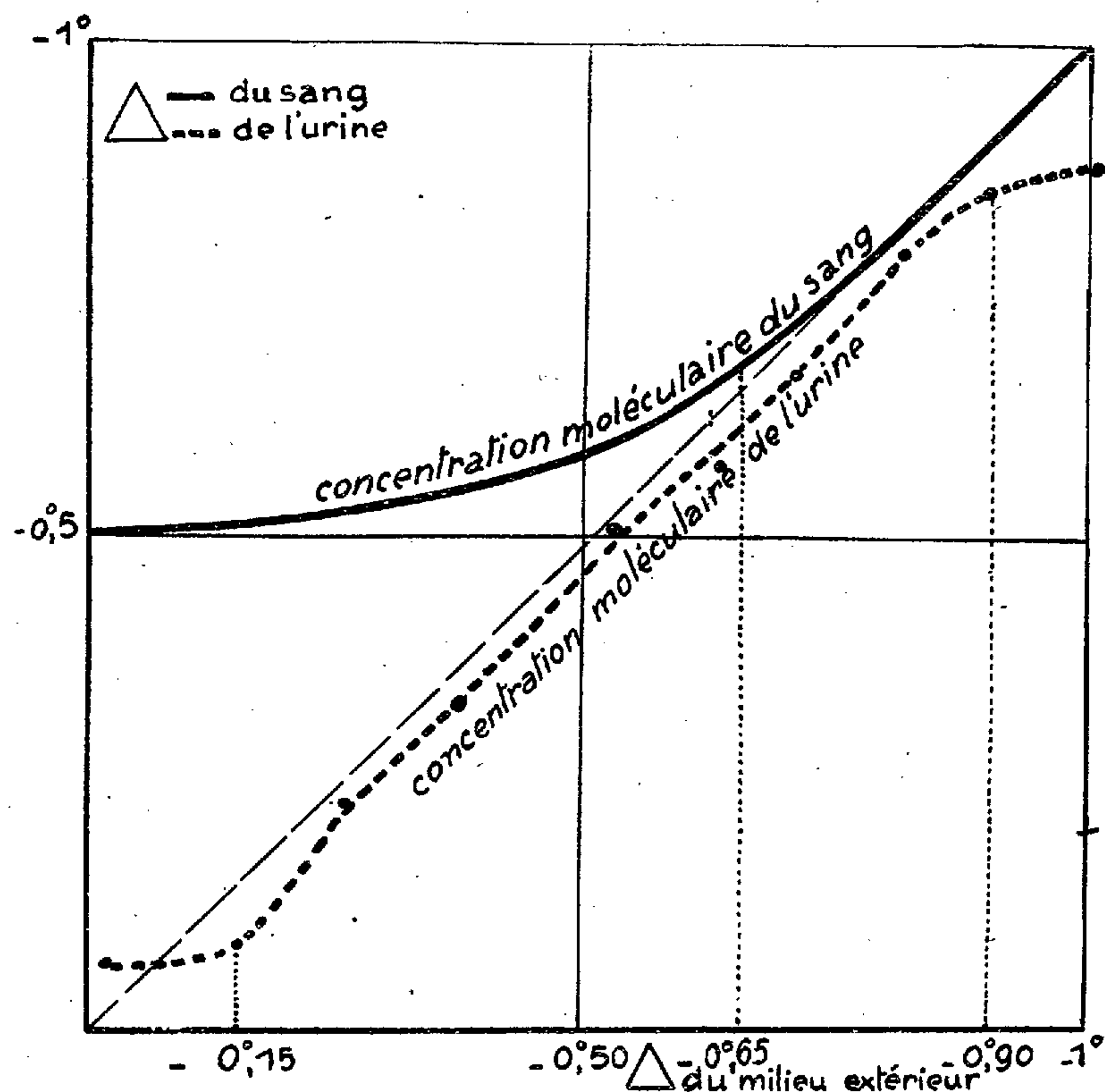
Les variations de la concentration moléculaire du milieu intérieur des Téléostéens Sténohalins d'eau donce en fonction des variations de concentration du milieu extérieur ont été étudiées par Portier et Duval, particulièrement sur la Carpe (*Cyprinus carpio*, L.). Ces auteurs ont montré que, lors d'une adaptation progressive, la Carpe peut vivre dans des solutions de plus en plus salées jusqu'à une concentration limite représentée par $\Delta = -1°,04$. Au cours de cette adaptation, pour des solutions de faible salinité, la concentration moléculaire du sang croît moins vite que celle du milieu extérieur. L'équilibre osmotique des deux milieux extérieur et intérieur a lieu pour la valeur $\Delta = -0°,65$ environ du milieu extérieur. Au delà de ce point isotonique, c'est-à-dire pour les fortes salinités, la concentration moléculaire du milieu intérieur demeure isotonique à celle du milieu extérieur jusqu'à la mort.

Quelle part prend le rein dans cette adaptation ? C'est la question que nous avons tenté de résoudre.

Nous avons fait vivre des Carpes dans des solutions de diverses salinités et, après un temps suffisant pour que l'équilibre physiologique soit atteint,

nous avons effectué des prises d'urine (¹). L'urine recueillie a fait l'objet de cryoscopies et de dosages de chlorure de sodium. Les résultats que nous avons obtenus, et qu'illustrent les courbes ci-dessous, peuvent être résumés de la façon suivante.

Pour les très faibles salinités (de l'eau douce à — 0°, 15) la concentration



moléculaire de l'urine est approximativement indépendante de celle du milieu extérieur. Puis pour des salinités supérieures (de — 0°, 15 à — 0°,90) la concentration moléculaire totale de l'urine croît proportionnellement à celle du milieu extérieur lui demeurant toujours hypotonique de 4 à 5/100ᵉ de degré. Enfin pour les très fortes salinités, à partir de $\Delta = -0°,90$, la concentration moléculaire totale de l'urine croît moins vite que celle du milieu extérieur, l'hypotonicité de l'urine s'accentue donc pour atteindre à la mort — 0°, 14.

(¹) On trouvera la description des techniques et le détail des expériences dans un prochain fascicule du Bulletin du Musée Océanographique de Monaco.

Par rapport au sang l'urine est donc toujours hypotonique, mais tandis que cette hypotonicité est très accentuée (— 0°,40 environ) pour les faibles salinités, elle s'atténue lorsque la salinité du bain augmente pour se fixer aux environs de — 0°,05 pour des Δ du milieu extérieur allant de — 0°,65 environ à — 0°,90. A partir de — 0°,90 la concentration moléculaire de l'urine s'éloigne de nouveau de celle du sang (comme elle s'éloignait dans cette zone de celle du milieu extérieur puisque le milieu extérieur et le sang sont alors isotoniques); cette hypotonicité de l'urine va s'accentuant jusqu'à la mort; elle traduit une incapacité du rein à accroître l'élimination du chlorure de sodium.

Précisément à partir du moment où la Carpe séjourne dans un bain dont le Δ a atteint — 0°,90 et jusqu'à la mort, nous avons remarqué très nettement chez l'animal des signes de malaise : respiration accélérée, position sur le côté, état d'apathie interrompu par des bonds subits. Il se produit alors une lutte entre le milieu extérieur et le milieu intérieur, l'élimination rénale n'arrive plus à défendre le sang contre l'envahissement du milieu extérieur, et c'est la mort qui survient.

Le rôle du rein dans l'adaptation des Téléostéens Sténohalins d'eau douce est donc très important puisque dès que le mécanisme régulateur de l'élimination rénale des sels fait défaut, le poisson présente des signes de malaise et meurt.

HISTOCHIMIE. — *Sur la présence et la teneur en flavine des tubes de Malpighi des insectes.* Note de Mme **Andrée Drilhon** et M. **René-Guy Busnel**, présentée par M. Paul Portier.

Après avoir signalé l'accumulation importante de flavine dans les tubes de Malpighi des Lépidoptères ([1]), nous avons étendu nos recherches à d'autres groupes d'insectes de biologie et de régime alimentaire variés et nous apportons ici l'essentiel de ces travaux.

Les auteurs qui ont étudié la physiologie des tubes de Malpighi n'ont jamais signalé la richesse extraordinaire de ces organes dits d'excrétion, en un corps oxydo-réducteur ayant des propriétés vitaminiques définies, à savoir la vitamine B_2.

Nos recherches ont été faites au microscope à fluorescence de Reichert, et les dosages de flavine selon la méthode de Euler et Adler, modifiée par

([1]) Drilhon et Busnel, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 92.

Gourévitch [2]. Tous les insectes étudiés, à quelque stade de leur évolution, et quel que soit leur régime alimentaire, ont présenté de la flavine dans leurs tubes de Malpighi, en quantité variable; cette flavine se trouvait parfois sous sa forme libre, mais le plus souvent liée à son support protéique, dont on la libère par l'acide acétique.

Dans un très grand nombre d'insectes des types étudiés on rencontre, en plus de la flavine, un corps à fluorescence bleue dont les propriétés chimiques sont très voisines de celle de la flavine et qui a été déjà signalé par l'un de nous chez certains poissons [3]. Cette fluorescence bleue se manifeste dans les extraits méthyliques examinés en lumière ultraviolette après extinction de la fluorescence de la flavine par l'hydrosulfite de soude.

On pouvait penser que l'alimentation de l'insecte jouait un rôle dans l'accumulation de la flavine, c'est pourquoi nous nous sommes efforcés d'étudier des insectes très divers.

Nous ne donnons, dans le tableau ci-dessous, que les principaux résultats obtenus sur des espèces dont nous avons pu extraire suffisamment de tubes de Malpighi pour effectuer les dosages.

Espèce étudiée (Groupe et caractère de l'alimentation).	Espèce et stade.	Répartition. Flavine libre.	Répartition. Flavine liée.	Substance à flavine bleue.	Dosage de flavine par gramme de tissu frais en γ.
Coléoptères,					
Entomophage...	*Carabus auratus*	+	+ +	o	224
» ...	» *hispanicus*	+	+ +	o	250
Carnivore......	*Disticus marginalis*	o	+ +	+	1000
Coprophage....	*Pimelia bipunctata*	+	+ +	o	1912
Détritophage...	*Blaps mortisaga*	o	+ +	+	435
» ...	*Tenebrio molitor*	o	+	+	160
Orthoptères,					
Phytophage....	*Schistocerca gregaria*	+ +	+ +	o	2150
Détritophage...	*Periplaneta orientalis*	o	+ +	+	103
» ...	*Grillus domesticus*	o	+	+	80
Lépidoptères,					
Phytophage....	*Attacus pernyi*	+ +	+ +	+	88
»	*Jeune chenille* (*nymphose*)	+ +	+ +	+	1300
»	*Saturnia pyri* (*chenille*)	+	+ +	+	1615
»	*Sphinx ligustri* (*chrysalide*)	+	+ +	+	1550

(2) *Bull. Soc. Ch. Biol.*, 19, 1937, p. 125.

(3) Fontaine et Busnel, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 372-374.

Nous avons examiné cependant plus de 50 espèces de tous ordres, et de tous régimes; les résultats qualitatifs nombreux seront consignés dans un prochain Mémoire.

Jusqu'ici, il apparaît que les insectes qui s'alimentent de tissus végétaux vivants soient les plus riches; nous signalons en particulier l'accumulation très grande de la flavine libre et liée dans les tubes de Malpighi du Criquet pèlerin, dont la teneur atteint 2142 γ par gramme de tissu frais.

Chez la larve et la chenille, quel que soit le stade biologique de l'insecte (hibernation, jeûne), les tubes de Malpighi contiennent toujours de la flavine à l'exclusion de tous les autres organes.

Dans le cycle des métamorphoses, où pendant six à neuf mois, certaines chrysalides de Lépidoptères n'ont aucun apport du milieu extérieur, on assiste à une augmentation croissante de la flavine au cours de la nymphose. Chez le *Sphynx ligustri* cette teneur passe progressivement de 500 γ à 1550 γ par gramme de tubes de Malpighi frais. Chez l'adulte les teneurs sont toujours assez élevées, mais variables d'une espèce à l'autre.

Conclusion. — La présence en quantité souvent considérable de la flavine dans les tubes de Malpighi des insectes, donne à penser qu'en dehors de leur fonction classique d'excrétion, ces organes peuvent posséder un rôle d'accumulation d'un produit auquel on attribue une propriété vitaminique.

BIOLOGIE. — *Étude biochimique du milieu intérieur d'*Eriocheir sinensis *et son adaptation aux changements de salinité.* Note de Mlle **Janine Portier** et Mme **Andrée Drilhon**, présentée par M. Paul Portier.

L'un de nous a étudié les variations de la composition minérale et de la teneur en protides du sang de *Telphusa fluviatilis* (1). Nous apportons aujourd'hui les résultats concernant *Eriocheir sinensis* (Crabe chinois), dont la biologie présente beaucoup d'analogie avec celle de la Telphuse. En effet ce crabe supporte sans dommage le passage brusque du milieu marin au milieu dulçaquicole et inversement.

Nous avons étudié le comportement des différents éléments de l'hémo-

(1) Andrée Drilhon, *Bull. de l'Inst. Océan.*, n° 644, 1934.

lymphe (concentration moléculaire, chlore, cathions et matières protéiques) au cours du séjour en eau de mer et dans un bain plus concentré en sels que l'eau de mer et, ce, en fonction du temps. Nos résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous

		Eau de mer			
	Eau douce.	4 jours.	6 jours.	8 jours.	concentrée Δ–2°,296 1 mois 1/2.
Δ (concentration moléculaire)	–1°,21	–1°,77	–1°,95	–2°,03	–2°,70
Chlore	19,05	30,6	31,17	30,74	43,22
Sodium	7,56	11,88	11,90	11,90	17,01
Potassium	0,730	0,835	1,69	1,70	2,64
Calcium	0,722	0,723	0,722	0,725	1,04
Matières protéiques	56,33	53	53,6	35,8	

(Teneurs exprimées en grammes par litre.)

Les variations de la concentration moléculaire sont en tous points comparables à celles de la Telphuse : le milieu intérieur d'Eriocheir est en parfaite isotonicité avec le milieu extérieur après un séjour de 8 jours dans l'eau de mer.

Pour un bain se congelant à —2°,96 le milieu intérieur reste légèrement hypotonique.

La composition saline de l'hémolymphe varie d'une façon toute particulière : en effet au bout du 4ᵉ jour les teneurs en chlore, en sodium et potassium (cathions monovalents) ont sensiblement augmenté alors que le calcium n'a pas changé. Le sodium a atteint d'emblée le taux qu'il aura dans l'équilibre isotonique de l'animal avec le milieu extérieur. Le potassium augmente jusqu'au 6ᵉ jour. Nous n'avons pu observer de variations du calcium que pour un bain plus concentré que l'eau de mer.

L'un de nous a montré précédemment qu'il existait une perméabilité sélective de la branchie qui paraissait suivre l'ordre des valences. Or Krogh ([2]) vient de mettre en évidence chez certains poissons des phénomènes de sélectivité du même ordre ayant trait aux anions.

Les résultats que nous apportons ici mettent bien en évidence la diversité des mécanismes de régulation que l'invertébré d'eau douce réalise pour permettre son eurhyalinité. D'autre part la richesse particulièrement grande de l'hémolymphe d'*Eriocheir* explique peut-être sa grande facilité d'adaptation aux changements de salinité.

([2]) Krogh et Conklin, *Zeits. f. vergl. Phys.*, **26**, 1938, p. 239.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur l'activité d'échange phosphore-radio-phosphore pour les phosphatides du cytoplasme.* Note de MM. **Henri Bulliard**, **Israël Grundland** et **André Moussa**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Nous avons décrit ([1]) un procédé de détection morphologique du radiophosphore fixé au niveau des cellules, basé sur l'action du rayonnement émis par ce corps radioactif sur les films radiographiques. Cette action peut être due à l'action directe du rayonnement, soit au rayonnement secondaire, soit aux réactions chimiques liées à la présence du R. P. Nous avons vérifié que les préparations-témoins n'impressionnent pas le film et examinées au compteur de photons, à cathode de CuI (R. Audubert), n'émettent pas de photons dans les conditions de l'expérience, donc ne semblent pas être le siège de réactions chimiques photoémettrices. La substitution des atomes de R. P. aux atomes de P ordinaire se faisait avec électivité au niveau de la zone fasciculée des coupes de surrénales de lapin (zone riche en phosphatides), tandis que la zone glomérulaire ainsi que la médullo-surrénale n'impressionnent pas le film malgré la présence du phosphore nucléaire. Nous avons supposé que l'introduction des atomes de R. P. dans les édifices moléculaires à la place du P ordinaire était facilitée par la dissociation des complexes lipoprotéiques, et nous nous sommes demandé si cet échange se ferait aussi dans le cas du phosphore dit *masqué*.

Nos études ont porté sur la surrénale du mouton. D'après l'étude microchimique de cette glande faite par A. Mayer, P. Mulon, G. Schaeffer, la teneur en P de la zone glomérulaire isolée (morphologiquement riche en graisse) se rapproche de celle des zones fasciculée et réticulée (morphologiquement pauvres en graisse) (teneurs égales respectivement à 4,12 et 3,81 pour 100 du poids sec). Par conséquent nous nous trouvions en présence de phosphatides appartenant d'une part aux complexes lipoprotéiques dissociés, et d'autre part en quantité égale aux complexes lipoprotéiques recombinés.

La technique histologique employée était analogue à celle décrite dans notre précédente Note. Le R. P. a été décelé et localisé par deux moyens :

([1]) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 745.

1° par l'impression laissée sur un film radiographique; 2° par comptage des rayons émis au compteur de Geiger-Müller.

Les résultats furent les suivants : une impression du film correspondant à toute la cortico-surrénale avec cependant une intensité plus grande à la périphérie. La médullo-surrénale n'impressionne pas le film ni même la capsule fibreuse épaisse entourant la glande (*fig.* 1 et 2). Les mesures au

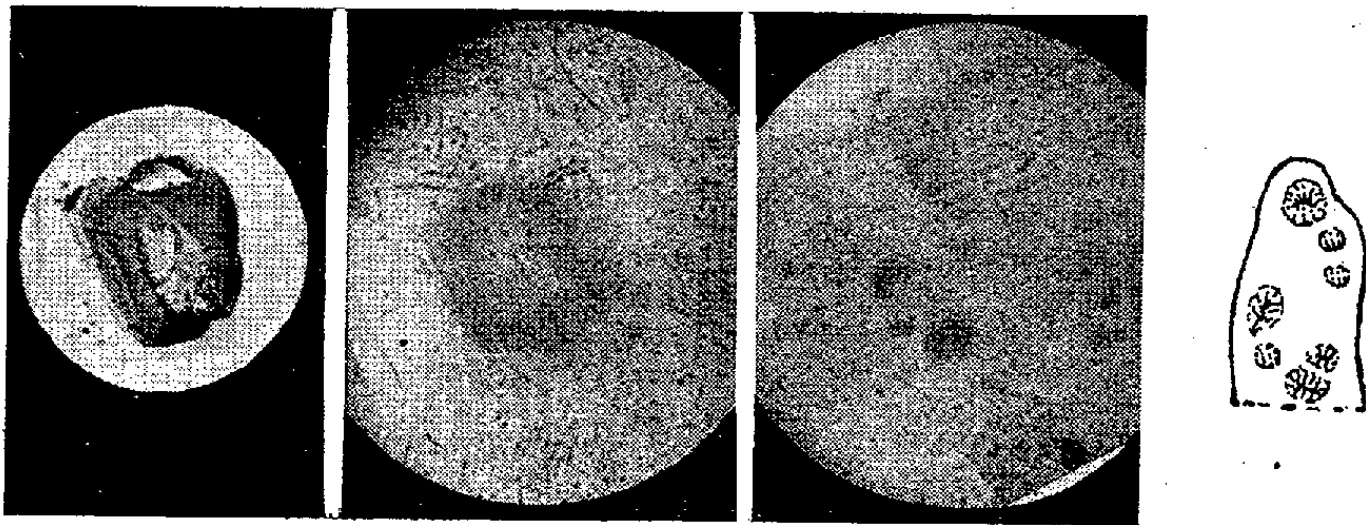


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

compteur de Geiger furent rendues difficiles à cause de la teneur très faible en radiophosphore et des fluctuations du mouvement propre du compteur. Elles nous ont montré cependant que la proportion de R. P. fixée sur la coupe était de l'ordre de 1 à 2 pour 100 de la quantité de R. P. contenue dans la solution. Nous constatons donc que le radiophosphore est susceptible de s'échanger avec le phosphore des phosphatides, même sous sa forme *masquée*.

D'autre part, des recherches antérieures, en particulier celles de Hevesy, ont montré que le radiophosphore injecté à un animal tend à s'accumuler dans les zones de développement actif. Dans une deuxième série d'expériences, nous avons *injecté* directement une solution de radiophosphate de Na à deux lapines de deux ans, l'une au repos sexuel, l'autre enceinte de 7 jours, l'activité de chaque dose injectée étant d'environ 40000 désintégrations par minute. Nous avons porté notre attention sur la présence du R. P. au niveau de l'ovaire; là nous avions à notre disposition :

1° des corps jaunes, organes en voie de formation, riches en phosphatides, et propres à la gestation; 2° une glande interstitielle riche aussi en phosphatides, mais dont la présence est indépendante de la gravidité; 3° un stroma vasculo-conjonctif. Les lapines ont été sacrifiées 3 jours après l'injection et la détection du R. P. a été faite comme plus haut.

Les résultats morphologiques ont été les suivants : non-impression du film par l'ovaire au repos. Les coupes de l'ovaire à corps jaunes impressionnent le film uniquement à l'endroit de ces follicules transformés (*fig.* 3 et 4). Le stroma vasculo-conjonctif ainsi que la glande interstitielle n'impressionnent pas le film.

Les mesures faites au compteur G. M. en vue de détecter le R. P. sur les cendres de l'ovaire entier, bien que rendues peu précises par suite des faibles activités obtenues, ont confirmé ces résultats. Nous avons enregistré : pour l'ovaire au repos, poids frais $0^g,160$, moins de 5 désintégrations; pour l'ovaire à corps jaunes, poids frais $0^g,254$, 100 désintégrations par heure. Ce dernier chiffre correspond, toutes corrections faites, à une proportion de 3/1000e du R. P. injecté. Dans un fragment de la portion commune de l'utérus de la lapine gravide, pesant frais $0^g,601$, nous avons enregistré 150 désintégrations par heure, donc proportionnellement 40 pour 100 de moins que pour l'ovaire à corps jaunes.

Toutes les mesures au compteur ont été poursuivies pendant un temps assez long pour diminuer les fluctuations, et, afin d'éliminer les variations lentes qui pourraient se produire, par alternatives de 3 minutes (mouvement propre du compteur, puis substance étudiée pendant le même temps, etc.).

Conclusions. — Les résultats morphologiques et ceux fournis par le compteur nous permettent de confirmer l'électivité d'échange RP — P vers les tissus à échanges chimiques actifs et à éléments cellulaires *riches en phosphatides.*

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Lésions nerveuses périphériques observées au cours de la polynévrite provoquée, chez le pigeon, par simple addition d'acide lactique à des régimes riches en glucides, en protides ou en lipides et comportant de fortes proportions de vitamines* B. Note de MM. **Ivan Bertrand** et **Raoul Lecoq**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Déséquilibre alimentaire glucidique aigu et avitaminose B aboutissent chez le pigeon à la production de crises polynévritiques typiques, et celles-ci s'accompagnent de lésions nerveuses périphériques. Mais, tandis que dans le déséquilibre, la dégénérescence cylindraxile contraste avec la discrétion de l'atteinte myélinique, les altérations du cylindraxe et de la myéline

dans l'avitaminose vont de pair ([1]). Cependant, dans l'un et l'autre cas, la polynévrite semble conditionnée par une imprégnation lactique musculaire ([2]). Étant donné les différences constatées, il nous a paru intéressant d'étudier l'action particulière du déséquilibre lactique proprement dit, obtenu par addition de 10 pour 100 d'acide lactique à des régimes par ailleurs normalement équilibrés ([3]), ceux-ci dûment complétés par de fortes proportions de vitamines B et comportant une prédominance de glucides (saccharose), de protides (peptone de muscle) ou de lipides (huile d'olive). Notons que la gravité du déséquilibre va s'accentuant du premier au dernier régime.

Notre étude a porté sur des pigeons recevant quotidiennement 20^g de ration à 56 pour 100 de saccharose ou 49 pour 100 de peptone de muscle (+ 1^g de levure de bière desséchée) ou 15^g de régime à 40 pour 100 d'huile d'olive (+ $1^g,50$ ou 3^g de levure de bière desséchée). Dans tous les cas, les crises polynévritiques s'observèrent dans les limites habituelles et les sujets, proches d'une issue fatale, furent sacrifiés après respectivement 86, 43, 32 et 33 jours. Nous nous sommes limités à l'examen des lésions nerveuses périphériques; les sciatiques, prélevés avec les précautions usuelles furent fixés dans le formol à 20 pour 100 et maintenus en extension pour éviter la plicature en accordéon des tubes nerveux. Les méthodes neuro-fibrillaires de Gros-Bielschwosky et la technique miélinique de Loyez ont été systématiquement utilisées; l'imprégnation osmique, essayée à plusieurs reprises sans succès, fut abandonnée.

Résumons ci-après les altérations anatomiques des nerfs périphériques observées.

Régime au saccharose + acide lactique. — Les imprégnations neurofibrillaires révèlent des altérations indéniables, notamment une tuméfaction des cylindraxes dont le calibre est dans l'ensemble supérieur de un quart environ à la normale. Cette tuméfaction irrégulière entraîne un aspect moniliforme dans lequel les étranglements répondent généralement aux diaphragmes infundibulaires sans fragmentation. La stridation longitudinale des cylindraxes, presque partout visible, n'est cachée que par une imprégnation massive de certains segments; le processus de vacuolisation est exceptionnel; la surface est lisse et dépourvue de verrucosités.

([1]) L. Bertrand et R. Lecoq, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 958.
([2]) R. Lecoq et R. Duffau, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 180.
([3]) R. Lecoq, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1304.

Sur les préparations au Loyez, il est impossible de découvrir des lésions nettes. Ce qui frappe c'est la mauvaise qualité de la coloration myélinique par la laque hématoxylique. Les préparations sont pâles, mais partout les tubes sont continus, avec de temps à autre un aspect grenu. La gaine de Schwann est indemne. Le protoplasme Schwannique est par endroits fortement imprégné de fines granulations, disposées en longues bandes, avec de courtes anastomoses transversales.

Régime à la peptone de muscle + acide lactique. — Les lésions sont nettement plus évoluées que dans le cas précédent et consistent en une rétraction précoce des cylindraxes, allant dans certains tubes (en moyenne un sur vingt) jusqu'à une fragmentation complète. Des axones tuméfiés, avec imprégnation irrégulière, s'observent encore fréquemment, mais la plupart ont une surface irrégulière, épineuse ou verruqueuse. Des entailles latérales en forme de croissant à sinus externe se multiplient le long des cylindres. Dans les tubes interrompus, l'axone ne représente plus l'axe central; on le retrouve sous forme de tronçons plus ou moins rétractés et de calibre variable.

Sur les préparations myéliniques, on retrouve la fragmentation tubulaire sous forme de sphérules lipidiques, sans intervention macrophagique et sans réaction soudanophile.

Régime à l'huile d'olive + acide lactique. — Les préparations argentiques ne montrent ici qu'exceptionnellement une tuméfaction cylindraxile. La plupart des axones sont rétractés et comme atrophiés. On retrouve toutes les figures d'imprégnation irrégulière signalées précédemment : entailles et encoches latérales, verrucosités superficielles, vacuolisations. La plupart des lésions semblent évoluer vers une sorte de dissolution du cylindraxe. Les tubes dégénérés sont fort nombreux. Si les tubes fragmentés ne constituent qu'une partie des éléments, la plupart des axones persistants montrent des lésions de rétraction et de fonte progressive. Ce processus réalise une sorte de liquéfaction axonale assez comparable au processus que l'on observe dans les éléments neuro-ganglionnaires au cours des toxi-infections. Ajoutons que les lésions cylindraxiles sont d'autant plus accusées, que la proportion de vitamines B présentes dans le régime, est plus forte.

La technique de Loyez révèle une myéline de médiocre qualité. La fragmentation indiscutable d'une faible proportion de tubes se produit sans intervention de myélophages ni de cellules grillagées.

Conclusions. — Le déséquilibre alimentaire lactique entraîne, chez le pigeon, de même que le déséquilibre glucidique, des altérations très nettes

des nerfs périphériques et, dans les deux cas, l'atteinte cylindraxile l'emporte sur l'atteinte myélinique, en opposition avec les lésions observées au cours de l'avitaminose B.

La gravité et l'importance des lésions sont en rapport avec la rapidité d'évolution de la polynévrite, avec les éléments constitutifs du régime associés à l'acide lactique et avec la proportion de vitamines B, quand la présence de celles-ci n'atténue pas sensiblement le déséquilibre.

L'identification des lésions du déséquilibre lactique grave et des toxi-infections paraît d'autant plus intéressante que les toxi-infections peuvent devenir elles-mêmes des causes adjuvantes ou principales de déséquilibres générateurs de polynévrites.

A 15^h45^m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place vacante dans la Section des Membres libres par le décès de M. *Maurice d'Ocagne* présente, par l'organe de M. le Président, la liste suivante :

En première ligne..........	M. **Jacques Duclaux**.
En seconde ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*....	MM. **Joseph Bethenod**, **Justin Jolly**, **Paul Lévy**, **Albert Pérard**, **Gustave Roussy**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17^h.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JANVIER 1939.

Origines des Gagaouzes, leurs usages et coutumes, par ATHANASE J. MANOFF. Varna, 1938; 1 vol. 20cm (en langue russe).

Die Dampfturbine im Betriebe, par E. A. KRAFT. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1935; 1 vol. 27cm, 5.

La turbine à vapeur moderne, par E. A. KRAFT et W. MACLOT. Paris, Dunod, 1939; 1 vol. 28cm.

From the Journal of the Society for the Bibliography of natural History, par WILLIAM THOMAS STEARN. Vol. 1. Part. 5. London, Published by the Society, 1938; 1 fasc. 26cm.

Epimedium and Vancouveria (Berberidaceae), a Monograph, par WILLIAM THOMAS STEARN. Extrait de *The Linnean Society's Journal-Botany*, vol. li. n° 340. Westminster, Office-Vincent Square, 1938; 1 vol. 26cm.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier de Monaco. Fascicule C. *Trématodes parasites provenant des campagnes scientifiques du prince Albert Ier de Monaco* (1886-1912), par JULES GUIART. Monaco, Imprimerie de Monaco, 1938; 1 fasc, 35cm, 5.

La naissance de la vie, par ROBERT TOURNAIRE. Paris, La Nouvelle société d'édition, 1938; 1 vol. 23cm.

Die Bione zur Entstehung des vegetativen Lebens, par WILHELM REICH. Oslo, Sexpol-Verlag et Kopenhagen et Zürich, 1938; 1 vol. 24cm.

Galileo's Antinomy and the Class of Numbers defined by their Value and Origin, par DIMITRI P. RIABOUCHINSKY. Paris, 1938; 1 autographie, 27cm, 5.

Exposition internationale de Paris 1937. *Congrès de la Recherche scientifique dans les Territoires d'Outre-mer*. Paris, Association Colonies-Sciences, 1938; 1 vol. 25cm.

Ministère des Travaux publics. Mémoires pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France. *La géologie des nappes de l'Ubaye-Embrunais entre la Durance et l'Ubaye*, par DANIEL SCHNEEGANS. Paris, Imprimerie nationale, 1938; 1 vol. 32cm (présenté par M. F. Grandjean).

Georges Ellery Hale, par WALTER S. ADAMS. Extrait de *Astrophysical Journal*, vol. 87. Carnegie Institution of Washington Mount Wilson Observatory, 1938; 1 fasc. 25cm, 5.

The Cold Desert of Central Tian-Shan. The Results of the Expedition of the Leningrad State University in Summer of 1934, par D. KASHKAROV, A. JUCOV, K. STANJUKOWITCH. Leningrad, 1937; 1 vol. 23cm (en langue russe).

La flore du Mayombe d'après les récoltes de M. Georges Le Testu, par François Pellegrin. Troisième partie. Caen, Imprimerie Ch. Le Tendre, 1938; 1 vol. 28^{cm},5 (présenté par M. A. Chevalier).

De Claude Bernard à d'Arsonval, par Léon Delhoume. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1939; 1 vol. 25^{cm},5.

Comité national de Géodésie et Géophysique. *Exploration gravimétrique de l'Extrême-Orient,* par le R. P. Pierre Lejay. Paris, Société générale d'Imprimerie et d'Édition, 1936; 1 vol. 24^{cm}.

Comité national français de Géodésie et Géophysique. *Exploration gravimétrique des États du Levant sous mandat français,* par le R. P. Pierre Lejay. Paris, Société générale d'Imprimerie et d'Édition, 1938; 1 vol. 24^{cm}.

Per l'istoria e la filosofia delle matematiche. N° 12. *Le Origini del Calcolo infinitesimale nell'èra moderna,* par Guido Castelnuovo. Bologna, Nicola Zanichelli, 1938; 1 vol. 21^{cm}.

Matière ou spiritualisme?, par Fernand Prothais. Saint-Amand, Imprimerie Clerc, 1935; 1 vol. 18^{cm},5.

Les champignons toxiques. Caractères et détermination, toxines, intoxications, thérapeutique, par René Dujarric de La Rivière et Roger Heim. Paris, L'Encyclopédie médico-chirurgicale, 1938; 1 vol. 32^{cm}.

La chimie théorique. Vol. I. *Théorie nouvelle de la mécanique statistique,* par Théophile De Donder. — Vol. II. *Applications de la mécanique statistique générale,* par Georgette Schouls. — Vol. III. *Mécanique ondulatoire de l'électron et du photon,* par Jules Géhéniau. Paris, Gauthier-Villars, 1938; 3 fasc. 24^{cm},5.

Bibliothèque de philosophie scientifique. *Les progrès récents de l'embryologie expérimentale,* par Maurice Caullery. Paris, Librairie Ernest Flammarion, 1939; 1 vol. 19^{cm}.

Ouvrages reçus pendant les séances de février 1939.

Marées, par André Courtier. Paris, Service hydrographique de la marine, 1938; 1 vol. polycopié 33^{cm}.

Flore vivante de l'Afrique occidentale française (inclus Togo, Cameroun Nord, Oubangui-Chari-Tchad, Sahara français), publié sous les auspices du Gouvernement général de l'A. O. F. et sous la direction de Auguste Chevalier. Tome premier. *Gymnospermes et premières familles d'Angiospermes (Casuarinées aux Buxacées),* par Auguste Chevalier. *Les Polygalées,* en collaboration avec H. Jacques-Félix. Paris, Muséum national d'histoire naturelle, 1938; 1 vol. 25^{cm}.

Nouvelle collection scientifique. *Les Étoiles,* par Georges Bruhat. Paris, Librairie Félix Alcan, 1939; 1 vol. 19^{cm},5 (présenté par M. A. Cotton).

Région des Glaces éternelles, par K. J. Loukachev. Leningrad, 1938; 1 vol. 22^{cm},5 (en langue russe).

Address of the President Sir William Bragg at the Anniversary Meeting 30 november 1938. Extrait de *Proceedings of the Royal Society of London,* Series A,

n° 936, vol. 169, p. 1-24, december 1938. Cambridge, W. Lewis, 1938; 1 fasc. 25cm,5.

Essai sur la forme approchée des lignes de pluie annuelle du Puy-de-Dôme offert au Conseil général et aux agriculteurs, par Emile Mathias. 1 carte à l'échelle de 1/200 000e, 90cm × 63cm,5.

Essai sur la forme approchée des lignes d'égale hauteur annuelle de pluie du Puy-de-Dôme, par Émile Mathias. Clermont-Ferrand, Imprimerie générale, s. d.; 1 notice 24cm.

Le volcan actif de l'île de La Réunion (supplément) *et celui de la Grande Comore*, par Alfred Lacroix. Paris, Gauthier-Villars, 1938; 1 vol. 24cm,5.

Flore de Madagascar (Plantes vasculaires). 178e famille. *Bignoniacées*, par Henri Perrier de la Bâthie. Tananarive, Imprimerie officielle, 1938; 1 vol. 25cm.

Jubilé scientifique de M. Gabriel Bertrand, célébré à l'Institut Pasteur le 24 juin 1938. Allocutions et Adresses. Bibliographie des travaux scientifiques de M. G. Bertrand. Paris, Gauthier-Villars, 1938; 1 vol. 22cm,5.

Fifteen-Year Breeding Records of $2n+1$ *Types in Datura Stramonium*, par Albert F. Blakeslee et Amos G. Avery. Extrait de *Coopération in Research*. Washington, Carnegie Institution, 1938; 1 fasc. 25cm,5.

Découverte d'un second mouvement de révolution de la Terre sur elle-même, par Jean Barles. Trans-en-Provence, Archives de Trans, s. d; 1 fasc. 21cm,5.

Volume Jubilaire dédié à Maurice Caullery. Paris, Travaux de la Station zoologique de Wimereux, tome XIII, 1938; 1 vol. 28cm.

Institut de Géophysique et de Météorologie de l'Université de Lwów. *Communications*, vol. 9, nos 110 à 118 : *Des résultats des recherches de* Henryk Arctowski *et de ses collaborateurs* S. Atamańczuk, A. Grossek, A. Kochański, J. Kowalski, H. Orkisz, H. Sopuch, J. Teśla et W. Tylczak. Lwów, 1937; 1 vol. 23cm (en langues polonaise et française).

Géologie de la Sibérie, par V. A. Obroutchef. Tome III. Mésozoïque et Cénozoïque. Moscou, 1938; 1 vol. 26cm,5 (en langue russe).

Histoire de l'exploration géologique de la Sibérie, par V. A. Obroutchef. Quatrième période (1889-1917). Moscou, 1937; 1 vol. 25cm,5 (en langue russe).

William Wallace Campbell, 1862-1938, par Frank Schlesinger. Extrait de *Popular Astronomy*, vol. XLVII, n° 1, january 1939; 1 fasc. 25cm,5.

Actualités scientifiques et industrielles, 741. Cytologie et Cytophysiologie végétales. III. *Introduction à l'étude de la Cytologie*, par Alexandre Guilliermond. Première partie. Paris, Hermann et Cie, 1938; 1 vol. 25cm,5.

ERRATA.

(Séance du 12 décembre 1938.)

Note de M. *Pierre Lejay*, Carte gravimétrique des Philippines :

Les 19 stations suivantes doivent être ajoutées au tableau de la page 1149, entre les stations de Dumaguete et Cagayan.

Stations.	Latitude.	Longitude Greenwich.	Alt.	δ.	Dates.	g.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	Δ. 622	Δ 42
	° ′	° ′	mètres		1938	Adopté	gals	gals	gals	mgals	mgals		
Jagna	9.39,3	124.22,1	3	2,6	19-IV	978,271	978,272	978,272	978,194	78	78	–	–
Candijay	9.48,9	124.29,6	5	2,6	19 »	978,284	978,286	978,285	978,199	87	86	–	–
Ubay	10. 3,4	124.28,2	5	2,6	19 »	978,299	978,301	978,300	978,206	95	94	–	–
Jetafe	10. 8,9	124. 9,2	5	2,6	19 »	978,290	978,292	978,291	978,209	83	82	–	–
Tubigon	9.57,1	123.57,8	5	2,6	19 »	978,264	978,266	978,265	978,203	63	62	–	–
Carmen	9.49,4	124.11,8	208	2,6	19 »	978,251	978,315	978,292	978,199	116	93	–	–
Tagbilaran	9.38,5	123.51,3	10	2,6	20 »	978,256	978,259	978,258	978,194	65	64	–	–
Loay	9.36,1	124. 0,8	4	2,6	20 »	978,261	978,262	978,262	978,192	70	70	–	–
Cebu	10.17,5	123.54,1	15	2,6	21 »	978,266	978,271	978,269	978,213	58	56	–	–
Carmen	10.35,2	124. 1	5	2,6	21 »	978,276	978,278	978,277	978,223	55	54	–	–
Daan Bantayan	11.15,1	124. 0	9	2,6	21 »	978,282	978,285	978,284	978,245	40	39	0	+1
Taytayan	10.52,4	123.58,8	135	2,6	22 »	978,257	978,299	978,284	978,232	67	52	–	–
Tuburan	10.43,7	123.49,5	4	2,6	22 »	978,279	978,280	978,280	978,227	53	53	–	–
Toledo	10.22,5	123.38,2	8	2,6	22 »	978,238	978,241	978,240	978,216	25	24	–	–
Camp 7	10.19,2	123.46,3	437	2,7	22 »	978,202	978,337	978,285	978,214	123	71	–	–
Carcar	10. 6,3	123.38,5	14	2,6	23 »	978,248	978,253	978,251	978,207	46	44	–	–
Dumanjug	10. 3,3	123.26	3	2,6	23 »	978,242	978,243	978,243	978,206	37	37	–	–
Guadalupe	10. 7,2	123.36	159	2,7	23 »	978,237	978,286	978,268	978,208	78	60	–	–
Argao	9.53	123.35,8	5	2,6	23 »	978,236	978,238	978,237	978,201	37	36	–	–

(Séance du 6 mars 1939.)

Note de M. *Hyacinthe Vincent*, Sur les caractéristiques pathogènes des microbes de la gangrène gazeuse. Principes fondamentaux de la sérothérapie antigangréneuse :

Page 690, avant-dernière ligne, au lieu de *B. œdemaciens*, lire *B. œdematiens*.




Librairie-Imprimerie GAUTHIER-VILLARS
Tél. : DANTON 05-11 et 05-12 55, Quai des Grands-Augustins, PARIS (6e)

Les Actualités Physiothérapiques

publiées sous la direction du Docteur DUHEM

Volumes in-8° (20×13) se vendant séparément

Ouvrages parus :

I. — ÉLECTROTHÉRAPIE.

1 et 2. Courants continus et Courants faradiques, 2 volumes, par les Drs L. DELHERM, Électro-Radiologiste de l'Hôpital de la Pitié, et A. LAQUERRIÈRE, Électro-Radiologiste de l'Hôpital Hérold; 1929. Chacun .... 14 fr.

L'électro-diagnostic, par le Dr P. DUHEM, Électro-Radiologiste de l'Hôpital des Enfants-Malades ; 1928. Avec atlas .... 35 fr.

L'ionisation, par le Dr P. DUHEM, Électro-Radiologiste de l'Hôpital des Enfants-Malades, et le Dr Jean DUBOST, Préparateur de physique à la Faculté de Médecine de Paris; 1930 .... 21 fr.

La diathermie et ses applications médicales, par le Dr P. DUHEM, Électro-Radiologiste de l'Hôpital des Enfants-Malades, 2e édition; 1933 .... 28 fr.

Les courants de haute fréquence. Applications de tension, par le Dr Georges RONNEAUX, Électro-Radiologiste de l'Hôpital Cochin. In-8 (20-13) de 156 p. avec 36 figures .... 42 fr.

La diathermie chirurgicale, par le Dr ARRAUD, Assistant d'Électro-Radiologie à l'Hôpital Saint-Louis .... (*A paraître.*)

L'électrothérapie gynécologique, par les Drs L. DELHERM, Électro-Radiologiste de l'Hôpital de la Pitié, et A. LAQUERRIÈRE, Électro-Radiologiste de l'Hôpital Hérold; 1929 .... 21 fr.

II. — RADIOTHÉRAPIE.

Les bases physiques de la radiothérapie, par le Dr Jean DUBOST, Préparateur de physique à la Faculté de Médecine de Paris; 1928 .... 14 fr.

La radiothérapie moyennement pénétrante, par le Dr J. BELOT, Électro-Radiologiste de l'Hôpital Saint-Louis .... (*Sous presse.*)

La radiothérapie pénétrante, par les Drs LEDOUX-LEBARD, Électro-Radiologiste des Hôpitaux, chargé du Cours de Radiologie à la Faculté de Médecine de Paris, et PIOT, Électro-Radiologiste des Hôpitaux; 1932 .... 21 fr.

III. — CURIETHÉRAPIE.

1. **La technique de la Curiethérapie,** par Mme le Dr LABORDE, Chef du Service de Curiethérapie à l'Institut du Cancer; 1933 .... 28 fr.

IV. — ACTINOTHÉRAPIE.

1. **Héliothérapie,** par le Dr DAUSSET, Chef du Service de Physiothérapie de l'Hôtel-Dieu; 1932 .... 21 fr.
2. **Les rayons ultraviolets,** par les Drs E. et H. BIANCANI, Assistants d'Électro-Radiologie des Hôpitaux; 1928 .... 30 fr.
3. **Lumière et infrarouges,** par les Drs E. et H. BIANCANI, Assistants d'Électro-Radiologie des Hôpitaux; 1929 .... 30 fr.

V. — KINESITHÉRAPIE.

1. **Massage et rééducation,** par les Drs DUREY, Chef du Service de Kinésithérapie de l'Hôtel-Dieu, et Lucienne MEURS, chargée du Service de Kinésithérapie gynécologique à l'Hôpital Broca; 1930 .... 21 fr.
2. **Mobilisation et mécanothérapie,** par les Drs DUREY, Chef du Service de Kinésithérapie de l'Hôtel-Dieu, et SANDOZ, Directeur de l'Institut de Physiothérapie de la rue d'Artois .... (*Sous presse.*)

VI. — HYDROTHÉRAPIE

1. **L'hydrothérapie médicale,** par le Dr Robert DUBOIS, de Saujon, ancien Interne des Hôpitaux de Paris; 1930 .... 21 fr.

VII. — AIR CHAUD ET CRYOTHÉRAPIE

VIII. — LES ACCIDENTS ÉLECTRIQUES.

1. **Dangers et accidents de l'électricité,** par le Dr DUHEM, Électro-Radiologiste de l'Hôpital des Enfants-Malades; 1929 .... 14 fr.



Librairie-Imprimerie GAUTHIER-VILLARS

Tél. : DANTON 05-11 et 05-12 — 55, Quai des Grands-Augustins, PARIS (6e)

MÉMORIAL DES SCIENCES MATHÉMATIQUES

Publié sous le patronage de l'Académie des Sciences de Paris,
des Académies de Belgrade, Bruxelles, Bucarest, Coïmbre, Cracovie, Kiew, Madrid, Prague, Rome, Stockholm

Directeur : Henri VILLAT
Membre de l'Institut
Professeur à la Sorbonne
Directeur du Journal de Mathématiques pures et appliquées

Fascicules in-8 raisin (25-16) de 60 pages environ, se vendant séparément.......... 20 fr.

Fascicules parus :

1. **APPELL (Paul).** — *Sur une forme générale des équations de la dynamique.*
2. **VALIRON (G.).** — *Fonctions entières et fonctions méromorphes.*
3. **APPELL (Paul).** — *Séries hypergéométriques de plusieurs variables, polynomes d'Hermite et autres fonctions sphériques de l'hyperespace.*
4. **OCAGNE (M. d').** — *Esquisse d'ensemble de la Nomographie.*
5. **LÉVY (P.).** — *Analyse fonctionnelle.*
6. **GOURSAT (E.).** — *Le problème de Bäcklund.*
7. **BUHL (A.).** — *Séries analytiques. Sommabilité.*
8. **DONDER (Th. De).** — *Introduction à la Gravifique einsteinienne.*
9. **CARTAN (E.).** — *La Géométrie des espaces de Riemann.*
10. **HUMBERT (P.).** — *Fonctions de Lamé et fonctions de Mathieu.*
11. **BOULIGAND (G.).** — *Fonctions harmoniques. Principes de Picard et de Dirichlet.*
12. **GOSSE (R.).** — *La méthode de Darboux pour les équations aux dérivées partielles $s = f(x, y, z, p, q)$.*
13. **VÉRONNET (A.).** — *Figures d'équilibre et Cosmogonie.*
14. **DONDER (Th. De).** — *Théorie des champs gravifiques.*
15. **ZAREMBA (S.).** — *La logique des mathématiques.*
16. **BUHL (A.).** — *Formules stokiennes.*
17. **VALIRON (G.).** — *Théorie générale des séries de Dirichlet.*
18. **SAINTE-LAGÜE (A.).** — *Les réseaux (ou graphes).*
19. **LAGRANGE (R.).** — *Calcul différentiel absolu.*
20. **BLOCH (A.)** — *Les fonctions holomorphes et méromorphes dans le cercle-unité.*
21. **JANET (M.).** — *Les systèmes d'équations aux dérivées partielles.*
22. **GODEAUX (L.).** — *Les transformations birationnelles du plan.*
23. **REMOUNDOS (G.).** — *Extension aux fonctions algébroïdes multiformes du Théorème de M. Picard et de ses applications.*
24. **NORLUND (N.-E.).** — *Sur la « somme » d'une fonction.*
25. **DARMOIS (G.).** — *Les équations de la gravitation einsteinienne.*
26. **GAMBIER (B.).** — *Déformation des surfaces étudiée du point de vue infinitésimal.*
27. **APPELL (Paul).** — *Le problème géométrique des déblais et remblais.*
28. **COTTON (Émile).** — *Approximations successives et équations différentielles.*
29. **GUICHARD (C.).** — *Les courbes de l'espace à n dimensions.*
30. **ZORETTI (L.).** — *Les principes de la mécanique classique.*
31. **GAMBIER (Bertrand).** — *Déformation des surfaces étudiée du point de vue fini.*
32. **RIQUIER (Ch.).** — *La méthode des fonctions majorantes et les systèmes d'équations aux dérivées partielles.*
33. **BUHL (A.).** — *Aperçus modernes sur la théorie des groupes continus et finis.*
34. **VERGNE (H.).** — *Ondes liquides de gravité.*
35. **LECORNU (L.).** — *Théorie mathématique de l'élasticité.*
36. **APPELL (Paul).** — *Sur la décomposition d'une fonction méromorphe en éléments simples.*
37. **CERF (G.).** — *Transformations de contact et problème de Pfaff.*
38. **VALIRON (G.).** — *Familles normales et quasi normales de fonctions méromorphes.*
39. **NAGELL (T.).** — *L'analyse indéterminée de degré supérieur.*
40. **LEFSCHETZ (S.).** — *Géométrie sur les surfaces et les variétés algébriques.*
41. **SAINTE-LAGÜE.** — *Géométrie de situation et jeux.*
42. **CARTAN (E.).**— *La théorie des groupes finis et continus et l'Analysis situs.*
43. **DONDER (Th. De).** — *Applications de la Gravifique einsteinienne.*
44. **LEAU (L.).** — *Les suites de fonctions en général. Domaine réel.*

N° 11.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 13 Mars 1939).

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

NOMINATIONS.

CORRESPONDANCE.

N° 11.

TABLE DES ARTICLES (*suite*).

CORRESPONDANCE (*suite*).

COMITÉ SECRET.

IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS

1939

PREMIER SEMESTRE

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS

TOME 208

N° 12 (20 Mars 1939).



PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Quai des Grands-Augustins, 55

1939

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LA SÉANCE DU 13 JUILLET 1835
ET MODIFIÉ DANS LES SÉANCES DES 24 FÉVRIER 1840, 23 JUIN 1862, 24 MAI 1875, 8 JUIN 1925.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y deux volumes par année.

ARTICLE 1. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus *quatre* pages par numéro.

Un membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de *dix* Notes par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les *dix* Notes accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus *trois* pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de *huit* Notes par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne porte en rien préjudice au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de la discussion.

Les Rapports relatifs aux prix décernés ne sont imprimés dans les *Comptes rendus* qu'autant c l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en séa publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

ARTICLE 2. — *Impression des travaux des Sava étrangers à l'Académie.*

Les Notes des personnes qui ne sont pas Membres Correspondants de l'Académie ne peuvent pas dépas *deux* pages *et demie*. Le nombre des Notes d' même auteur ne peut être supérieur à *cinq* par ann

Les Membres qui présentent ces Mémoires s tenus de les réduire au nombre de pages requis. Membre qui fait la présentation est toujours nomm mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extr autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le f pour les articles ordinaires de la correspondance o cielle de l'Académie.

ARTICLE 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être re à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'êt remis à temps, le titre seul du Mémoire est insé dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvo au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

ARTICLE 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planch ni figures.

Des figures ne pourraient être exceptionnelleme autorisées que si elles étaient déposées sur le Bure en même temps que la Note présentée. L'espace occu par ces figures compte alors pour l'étendue réglem taire.

Le tirage à part des articles est aux frais d auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rappo et les Instructions demandés par le Gouvernement.

ARTICLE 5.

Tous les six mois, la Commission administrati fait un rapport sur la situation des *Comptes rend* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du p sent règlement.

NOTA. — *La page comprend* 38 *lignes de* 67 *lettres ou intervalles.*

AVIS AUX AUTEURS

Les références bibliographiques des Notes destinées aux *Comptes rendus* doivent être aussi complètes que possible comprendre, par exemple pour les Périodiques, l'indication du tome, de l'année et de la page.
(*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1057.)

Les auteurs qui ne se conformeront pas à cette règle seront exposés à voir leurs Notes retardées jusqu'à ce que les in cations jugées nécessaires et signalées *sur les épreuves* aient été fournies.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 MARS 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

VOLCANOLOGIE. — *Les ponces dacitiques flottant sur l'Océan, entre les Fiji, les Nouvelles-Hébrides et la Nouvelle-Calédonie.* Note de M. ALFRED LACROIX.

Au cours d'une croisière en Mélanésie, notre regretté Correspondant Johannes Schmidt a rencontré des ponces flottant à la surface de l'Océan, au NE des îles Fiji. Son collaborateur, M. A. F. Bruun, a bien voulu m'en communiquer des fragments, accompagnés des notes ci-jointes :

N° 1. — DANA, Station n° 3592, 9 novembre 1928, 177°43′ W–15°56′ E. Dans l'après-midi, on vit une grande quantité de ponces flottantes de la grosseur du poing. Elles flottaient en longues bandes irrégulièrement distribuées; beaucoup portaient des *Lepas* (sorte de Crustacés cirripèdes).

N° 2. — DANA, Station n° 3593, 10 novembre 1928, 179°33′ W-17°27′ E. Ponces dans les filets de pêche [très petits fragments arrondis].

Toutes ces ponces sont identiques, grises, fragiles, très riches en petites bulles gazeuses, arrondies par frottement mutuel; le plus gros fragment du n° 1 a environ 1^{cm} de diamètre; ceux du n° 2 n'ont que de 1 à 2^{mm}.

L'examen microscopique ne montre, dans un verre brunâtre bulleux renfermant de longs microlites de pyroxène et de plagioclases, que quelques microphénocristaux, groupés ophitiquement, de plagioclases zonés (75 à 55 °/₀ d'anorthite), de pigeonite. L'analyse 1 conduit aux paramètres II.3(4).3′.4′. Ce sont ceux d'un *dacitoïde andésinique*, à la limite du type labradorique.

Le problème de l'origine, posé dans ma Note précédente (1), est ici d'une solution assez facile.

L'archipel Tonga se trouve à l'Ouest d'une profonde fosse sous-marine, constituant la limite de l'Océan Pacifique central austral, tel qu'on peut le définir pour l'étude des volcans de cette partie du monde (2). Au delà, du côté de l'Est, se trouvent les volcans du type *intrapacifique* dont il a été question dans la Note à laquelle je viens de faire allusion.

En deçà, du côté de l'Ouest, les volcans qui ne manquent pas appartiennent au type *circumpacifique;* la composition chimique des ponces dont je m'occupe ici, tout aussi bien que leur composition minéralogique, les rattache à ce dernier type. Les courants qui les entraînent se dirigeant vers l'Ouest, leur origine ne peut pas être lointaine, mais elle ne doit pas être cherchée du côté de l'Archipel de Samoa, où il existe un volcan actif, car celui-ci (Savaii) est basaltique, et l'archipel tout entier se rattache au type intrapacifique. Il faut, par suite, regarder plus au Sud, entre l'archipel Fiji et l'archipel Tonga.

Les Tonga seules ont été le siège de manifestations volcaniques récentes; par exemple, Métis (Fonuafooa) (174°51′W-19°11′S) entre 1781 et 1894; entre Tonga et Hapai (1874), et enfin le haut-fond Falcon (175°21′30″W-20°19′S), de 1865 à 1929.

Or, d'après une récente statistique de M. Neumann von Padang (3), le 17 avril 1928, du banc de Falcon a surgi une île qui, le 26 août suivant, a été le siège d'un paroxysme explosif, avec violentes projections de matériaux pyroclastiques incandescents.

La comparaison de cette date et de celle de la récolte de ponces par J. Schmidt, à 500 ou 600^{km} plus au NW, ne laisse guère de doute sur la provenance de ces produits volcaniques. Pour que la démonstration fût complète, il faudrait avoir l'analyse de la lave de cette nouvelle île recueillie sur place; or sur la constitution lithologique de celle-ci on sait seulement que, lors d'une éruption antérieure (1886), des explosions ont projeté des bombes d'andésite augitique, mais celle-ci n'a été ni analysée ni décrite en détail.

De l'observation de Schmidt, je rapproche la suivante : en 1936,

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 609.

(2) Cf. la carte jointe à mon Mémoire *La composition lithologique des volcans du Pacifique central austral* (*Mém. Acad. Sc.*, 59, 1927).

(3) Cf. p. 93 de ce travail, cité *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 611 [note (2)].

M. Aubert de La Rüe a rapporté d'une mission dans une autre région du même océan, les Nouvelles-Hébrides (1), des fragments de ponce qui, du point de vue de leur morphologie et de leur composition minéralogique, ne peuvent être distingués de celle qui vient d'être décrite.

Ces petites ponces grises, toujours très roulées, ne dépassant pas en général 2 à 4^{cm} de diamètre et atteignant exceptionnellement la grosseur du poing, s'observent en grande abondance le long des côtes basses de la plupart des îles coralliennes de l'archipel néo-hébridais. Dans l'ensemble, ces dépôts paraissent plus importants le long des côtes est et sud (direction de l'alizé). Ils peuvent avoir 1^{m} d'épaisseur et une largeur de plusieurs dizaines de mètres. Les dépôts les plus volumineux, sinon les plus étendus, paraissent être ceux de la petite île Aniwa, dans le sud du groupe (analyse 2); j'ai vu les mêmes ponces recueillies sur le rivage de l'île Malekula.

Des ponces identiques ont été vues, par le même voyageur plus au Sud, sur les côtes de la Nouvelle Calédonie et en particulier le long de la baie de Ploum (S.-E. de Nouméa) et au pied des falaises de l'île Walpole, située au S.-E. de la même colonie.

La distance de l'île Falcon à la Nouvelle-Calédonie (à l'entrée du canal de Havannah, S.-E. de l'île) est de 980 milles (1815^{km}), celle de Falcon (à la pointe de l'île Épi, centre de l'archipel des Nouvelles-Hébrides) est de 940 milles (1741^{km}).

M. Aubert de La Rüe n'a pas vu lui-même de radeaux de ces ponces flotter sur la mer, mais des colons lui ont dit en avoir observé à diverses reprises.

Les échantillons recueillis par lui étant plus nombreux et de plus grandes dimensions que ceux de Schmidt ont pu être étudiés avec plus de détails. Les plagioclases sont les mêmes, maclés suivant les lois de l'albite et de Carlsbad. L'angle 2V de la pigeonite est variable et tend vers 0°. Ces deux minéraux renferment des inclusions irrégulières de verre brunâtre.

L'analyse 2 fait voir l'absolue identité chimique des ponces recueillies à l'île Aniwa et de celles de l'analyse 1. Il n'y a donc pas de doute sur leur commune origine.

On ne peut pas les rapporter à l'un des volcans actifs, d'ailleurs non sous-marins, des Nouvelles-Hébrides, car la lave de celui de Yasowa (île Tanna), est une *andésite* α (analyses 3 et 4), et la lave de celui

(1) *Bull. volcanologique* Napoli, (2), 2, 1937, p. 79-142.

d'Ambrym, un *basalte labradorique* β (analyse 5); ces deux volcans fournissent aussi des ponces légères; elles sont de couleur noire.

Analyses par M. Raoult (1 *à* 4), *par Boiteau* (5).

1. Dacitoïde andésinique (ponce).	177°43′— 15°56′ S....	II. 3 (4).3′.4′[(1) 2.1.2.4]
2. Dacitoïde andésinique (ponce).	Côte d'Aniwa.........	II. 3 (4).3′.4′[1 (2).1.2.4]
3. Andésite (α) andésinique porphyrique à plagioclases ([5]).	Volc. Yasowa, île Tanna.	II. 5.3.4 [2′.1.2.3]
4. Andésite (α) vitreuse (obsidienne capillaire).........	Volc. Yasowa, île Tanna.	II. 5.3.4 [2.1.2.3′]
5. Scorie de basalte (β) labradorique ([5]).................	Benbow, Volc. d'Ambrym (1913)........	II (III). 5.3′.4 [2.2.2′.3]

	1.	2.	3.	4.	5.
SiO^2..........	64,82	65,84	53,94	55,20	49,26
Al^2O^3.........	11,95	12,02	19,12	18,36	17,18
Fe^2O^3.........	1,53	1,05	4,03	1,83	5,47
FeO..........	8,16	8,25	4,21	6,25	6,10
MnO.........	0,15	0,13	0,12	0,12	n. d.
MgO..........	1,19	1,29	2,91	2,59	4,28
CaO..........	6,54	6,22	8,36	7,94	10,78
Na^2O.........	2,64	2,66	3,93	3,76	3,20
K^2O..........	0,85	0,77	2,41	2,31	1,76
TiO^2..........	0,78	0,76	0,94	1,26	0,87
P^2O^5..........	tr.	tr.	0,19	tr.	0,37
H^2O+.........	1,16	0,84	0,07	0,18	0,90
H^2O-.........	0,20	0,16	0,05	0,26	0,12
	99,97	99,99	100,28	100,06	100,29
SiO^2 libre.....	27,84	28,86	1,50	2,82	–
An pour 100...	45	45	45	45	51
Σb..........	25,3	24,4	23,8	25,0	34,5

En terminant, je reviendrai sur un point insuffisamment précisé de ma Note précédente. J'ai indiqué ([6]) que les appareils des volcans sous-marins, uniquement édifiés par l'accumulation de matériaux pyroclastiques, n'ont qu'une existence éphémère, car ils ne peuvent résister longtemps à l'assaut de la houle; et par suite si l'éruption n'a pas eu de témoins, il ne reste aucune trace de l'éphémère volcan. J'ai voulu dire aucune trace *visible au-dessus du niveau de la mer;* car la partie subaérienne disparue n'est que le sommet

([5]) A. Lacroix, *Comptes rendus*, 159, 1914, p. 489.
([6]) Cf. dans le présent tome, la page 610.

d'un cône de débris dont la base repose sur le fond de la mer. Lorsque ce sommet a été complètement arasé, la houle attaque la partie submergée jusqu'au niveau où son action est impuissante à déplacer les matières pyroclastiques. Cette partie invisible du volcan est devenue alors un haut-fond, parfois même un écueil, comme celui de Graham, couvert seulement de 8^m d'eau qui, dans la Méditerranée, est un reste de l'ancien volcan Julia, dont l'embase se trouve à une profondeur de 100 à 150^m.

Il est utile d'insister davantage sur un autre exemple, celui de l'île des Cendres, car il a été minutieusement étudié par l'ingénieur hydrographe P. Marti ([7]), à l'aide des méthodes de sondage par ultra-sons, qui l'ont conduit à préciser les détails morphologiques de l'ensemble du cône basaltique, reposant sur un fond d'une centaine de mètres.

La tête du haut-fond se trouve actuellement à 27^m au-dessous du niveau moyen de la mer; c'est la limite, en ce point, de l'action érosive de la houle. Elle est sensiblement circulaire et plate, formée par de petites scories noires. Le diamètre de l'embase est d'environ 800^m, la pente, en certains points, de 45°. A 2^{km} vers l'Est et à quelques kilomètres dans le Sud, M. Marti a constaté la présence de trois autres cônes, à tous égards identiques au précédent, et qui ont la même origine, mais ils sont plus anciens, car ils sont couverts de Coraux et d'Algues.

Cette observation méritait d'être rappelée, car elle a un vif intérêt, en montrant que la morphologie de ces cônes basaltiques sous-marins est la même que celle des puys subaériens, et il est bien vraisemblable que cette conclusion doit être généralisée.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur un soi-disant principe actif du curare.* Note de M. Louis Lapicque.

Il y a sept semaines, M. de Berredo Carneiro publiait ici sous le titre *Curarisation et Chronaxie* une Note ([1]) affirmant que le principe actif du curare, tel qu'isolé par lui, paralyse la Grenouille sans supprimer l'excitabilité du muscle par le nerf et que, d'ailleurs, il en est de même pour le

---

([7]) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 45 et *Revue hydrographique*, publiée par le *Bureau hydrographique international*, Monaco, 7, 1930, p. 76.

([1]) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 382.

curare. Cette assertion est en contradiction formelle avec toutes les recherches sur le curare depuis Claude Bernard; bien plus, telle qu'elle était présentée, elle serait inconciliable avec tout ce que nous savons de l'influx nerveux. L'auteur s'était parfaitement rendu compte de l'antinomie entre ses résultats et la Physiologie classique; en conséquence de quoi, il proposait de réviser celle-ci.

Il m'a paru nécessaire de formuler sur le champ une réserve doctrinale. Aujourd'hui, grâce à la loyale courtoisie de M. de Berredo Carneiro, je crois avoir élucidé expérimentalement une série de menues erreurs par lesquelles il est arrivé à des résultats illusoires.

L'auteur a bien voulu répéter ses expériences sous mes yeux. En outre, il m'a remis un échantillon de sa *strychnoléthaline*, donnée comme principe actif du curare, et j'ai pu à loisir reprendre l'essai de cette substance à mon laboratoire avec le concours de Mme Lapicque, très habituée aux substances curarisantes. Sans faire une étude pharmacodynamique complète, voici ce que nous avons constaté.

Sur la Grenouille paralysée par ce poison, à dose limite ou même plus forte, les muscles restent parfaitement excitables par leurs nerfs. Sur ce point, nous sommes d'accord avec l'auteur. Mais la chronaxie des muscles (gastrocnémiens) n'est pas grandement augmentée, comme il le dit, elle est au contraire diminuée, ainsi d'ailleurs que la chronaxie nerveuse correspondante. J'ai vu M. Carneiro trouver sur de tels muscles les chronaxies 10 fois plus grandes qu'il a reproduites dans sa Note. Mais, reprenant sur les mêmes muscles la mesure avec la technique que j'ai étudiée spécialement pour le gastrocnémien (²), ou de même avec l'appareillage de l'auteur, en corrigeant simplement quelques détails malencontreux, j'ai obtenu les résultats que je viens de dire. Donc le couple nerf-muscle ne s'écarte que peu de l'isochronisme; la transmission, après empoisonnement par la strychnoléthaline, est conforme et non contraire à la loi que j'ai formulée.

Cette question, pour ainsi dire latérale, étant réglée, il paraît indiqué d'expliquer la paralysie par une action du poison sur les centres nerveux. Mais ce qui caractérise le curare, c'est d'agir périphériquement. Claude Bernard l'a démontré en interrompant la circulation des membres postérieurs; ceux-ci échappent alors à l'action du poison injecté dans l'avant-train. Telle est l'épreuve primordiale qui a convaincu M. Carneiro que sa substance était bien curarisante. Et en effet, il m'a fait voir l'expérience de Cl. Bernard répétée avec la strychnoléthaline et donnant plus ou moins nettement le même résultat, à savoir les membres antérieurs paralysés

(²) *C. R. Soc. Biol.*, 116, 1934, p. 620.

tandis que les pattes postérieures sont encore actives. Nous avons retrouvé ce résultat de notre côté, et j'avoue en avoir été embarrassé. Qu'est-ce que pourrait être un empoisonnement périphérique arrêtant l'influx nerveux provenant des centres et n'arrêtant pas l'effet d'une stimulation expérimentale du tronc nerveux? C'est de là que l'auteur en était venu à se demander, si le processus physiologique de l'excitation ne diffère pas essentiellement de la stimulation électrique. Mais le contrôle suivant a entièrement déplacé le problème; injectant de la même façon les mêmes doses de strychnoléthaline à des Grenouilles sur lesquelles on n'avait effectué aucune interruption de circulation, nous avons vu les phénomènes se dérouler exactement suivant le même scénario. Nous avons fait cette épreuve sur une demi-douzaine de grenouilles, avec un résultat toujours de même sens; abandonnées à elles-mêmes, elles restaient totalement inertes et, à un moment donné, répondaient au pincement d'un membre antérieur, non par une réaction de ce membre ni de son symétrique, mais par des mouvements plus ou moins amples des membres postérieurs. L'un de ces sujets même, a présenté le phénomène d'une façon plus éclatante qu'aucun des sujets ayant subi la ligature lombaire.

Il s'agit donc certainement d'une action nerveuse centrale. D'ailleurs, pendant que l'intoxication se développe vers la paralysie, nous avons souvent remarqué des phénomènes convulsifs plus ou moins manifestes. Et une fois que l'animal ne donne même plus de réaction au pincement, il est encore possible, pendant des heures, de provoquer par succussion (choc sur la table), des mouvements brusques dans les muscles postérieurs, parfois des crampes comme dans l'intoxication strychnique. Une action pharmacodynamique de ce genre est susceptible d'agir préférentiellement sur telle ou telle partie de l'axe encéphalomédullaire; ici, par exemple, il nous a semblé que l'état convulsif était plus marqué lorsque l'encéphale avait été mis hors de cause par écrasement du bulbe. Nous n'avons pas poussé l'analyse de cette action nerveuse, mais il n'y a pas de difficulté à lui attribuer la différence entre membres antérieurs et postérieurs, différence qui d'ailleurs n'est pas absolue, avec ou sans ligature.

En tous cas, la ligature de Cl. Bernard est hors de cause, et il ne reste plus rien de paradoxal dans le fait que les nerfs moteurs sont restés efficients dans le nerf paralysé.

Mais M. Carneiro disait avoir observé cette efficience après paralysie totale, même avec un curare authentique, classiquement éprouvé. Et en effet, il nous a montré cette expérience avec la même bonne foi et le même

succès apparent que pour les précédentes. Deux grenouilles avaient été curarisées à la limite nécessaire pour abolir tout mouvement, limite soigneusement assurée par pesée des sujets et injection bien mesurée de solutions préalablement étalonnées. Lorsque les sujets furent totalement privés de mouvement, le gastrocnémien fut mis à nu, isolé dans sa partie inférieure et le sciatique chargé sur un excitateur, afin d'en mesurer la chronaxie; sans difficulté on trouva une rhéobase, puis une chronaxie nerveuse, à la manière odinaire, en observant le muscle.

La chronaxie, en centièmes de μF sur 10 000 ω, était de 5 environ pour le nerf, aux alentours de 10 pour le muscle. Pour celui-ci, M. Carneiro avait d'abord trouvé 50; en recommençant suivant mes indications, il trouva lui-même 10 et 11. Ce rapport des chronaxies est bien celui de la curarisation limite.

Mais le muscle est encore excitable, puisque c'est par lui qu'on a jugé l'excitation du nerf. C'est que, suivant la manière ordinaire, on a mesuré cette excitation au seuil, c'est-à-dire en prenant comme test la plus petite réaction perceptible dans le muscle. Celle-ci est souvent une légère déformation de la surface en un point du muscle (c'était le cas ici); en tous cas, c'est fatalement, en vertu de la loi du tout ou rien, la contraction d'un très petit nombre de fibres musculaires. Mais sur un muscle normal, dès qu'on accroît la stimulation, soit en intensité, soit en durée si l'on est à la chronaxie, la réaction se généralise, et bientôt c'est le muscle tout entier qui tressaute.

Pour les grenouilles empoisonnées à la strychnoléthaline, il en était bien ainsi; mais, pour les grenouilles empoisonnées au curare, l'accroissement de stimulation, quel qu'il fût, ne provoqua qu'un accroissement insignifiant de la réponse; d'aucune manière il ne fut possible d'obtenir, par le nerf, une réponse du muscle suffisante pour rétracter le tendon qui reposait librement sur la planchette de support. Il ne restait donc qu'un très petit nombre de fibres excitables par le nerf. Sur la population de plusieurs milliers de fibres constituant un muscle, on comprend que les individus ne soient pas rigoureusement identiques, ne s'empoisonnent pas rigoureusement pour la même dose et dans le même temps. Déterminer par la paralysie le seuil de l'empoisonnement, c'est chercher le point où le nombre des fibres ayant résisté devient trop petit pour avoir la force de déplacer un segment de membre; mais sur le muscle à nu, la contraction de ces quelques fibres devient visible; que celles-là répondent encore à la stimulation du nerf, cela se comprend, et cela ne signifie rien pour la question générale.

Nous avons répété pour la strychnoléthaline un test classique de la curarisation, test par lequel Cl. Bernard démontrait avec plus de précision que par la ligature lombaire la localisation périphérique de l'empoisonnement. Soient deux préparations tirées des deux membres symétriques du même animal, comprenant chacune un muscle avec son nerf; pour l'une le nerf seul est plongé dans un bain de curare; pour l'autre, c'est le muscle qui est ainsi baigné; la seconde préparation seule perd sont excitabilité par le nerf. Pour la première, non seulement cette excitabilité persiste, comme l'avait vu Cl. Bernard, mais elle persiste inaltérée, sans changement de chronaxie. Avec la strychnoléthaline, d'après ce que nous avions vu sur l'animal entier, l'excitabilité par le nerf devait persister dans les deux cas; c'est en effet ce que nous avons constaté, au moins pour les concentrations modérées du poison; nous avons eu aussi confirmation de la diminution de chronaxie et sur le nerf et sur le muscle. De plus, lorsque la solution est assez concentrée et l'action assez prolongée, nous avons vu la diminution de chronaxie musculaire faire place à une augmentation, et alors l'excitabilité par le nerf disparaître. Ces deux phases successives s'observent avec un grand nombre de poisons, nicotine, vératrine, physostigmine, dont j'ai fait ([3]), sous le nom de *gliocinétiques*, une famille opposée au curare et aux substances qui, de même, augmentent la chronaxie dès la première phase (*gliosclériques*).

Ainsi, quelles que soient l'origine et la préparation de la strychnoléthaline, on voit que ce produit ne saurait représenter le principe actif du curare, puisqu'il s'écarte de celui-ci par toutes ses propriétés pharmacodynamiques. C'est en vain qu'on tenterait de rapprocher ces deux substances au prix d'un bouleversement des données classiques, à l'encontre desquelles ne subsiste d'ailleurs aucune difficulté expérimentale.

BIOLOGIE. — *La répartition asymétrique des organes aléatoires.* Note de M. **François Grandjean.**

J'ai signalé ([1]) la manière dont se comportent habituellement les organes accessoires, au point de vue de l'évolution régressive. Certains organes ont disparu et d'autres vont disparaître. On reconnaît ces derniers à ce que l'animal les forme tard et même les oublie quelquefois. L'organe, qui était d'abord constant, n'a plus qu'une probabilité d'existence, et celle-ci tend vers zéro.

Un poil, par exemple, existait toujours, il y a très longtemps, chez les ancêtres d'un Acarien, à partir de la deutonymphe. Plus tard il manquait

([3]) *Ann. Physiol. et Physicoch. biol.*, 10, 1934, p. 566.

([1]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1853.

sur certaines deutonymphes. Ces deutonymphes déficientes augmentaient en nombre dans la suite des générations. Elles étaient bientôt la majorité. Le poil restait constant à partir de la tritonymphe, mais les deutonymphes qui l'avaient encore étaient de moins en moins communes, etc. Le poil est ainsi chassé d'une stase à l'autre, vers l'adulte, puis l'adulte le perd à son tour, par le même procédé de moindre fréquence. Je propose d'appeler ce phénomène la *régression par retardement*. C'est une régression numérique et l'organe peut garder toute sa taille. Elle est purement phylogénétique car l'ontogénèse reste progressive jusqu'à la fin. Pour la révéler il faut comparer des espèces. On peut aussi, dans une même espèce, faire de la statistique et chercher à connaître, par l'observation directe de nombreux individus, les probabilités d'existence des organes.

J'ai fait un premier essai dans ce sens par l'étude de la chaetotaxie pédieuse de *Trhypochthonius tectorum*. On recueille une population de cet animal, en un point donné. On définit, par leur position, tous les poils des pattes et l'on apprend à les reconnaître à tous les états du développement [2]. Pour chaque poil, la *stase d'apparition probable* est celle des 5 stases à partir de laquelle ce poil existe plus souvent qu'il ne manque. S'il manque à cette stase, ou après elle, ou encore s'il existe avant elle, cela constitue un *écart*, dans le temps, de l'organogénèse. Pour chaque individu on relève tous les écarts, en examinant les 8 pattes après les avoir détachées du corps. Ce travail est très long parce que certains poils sont tombés pendant la vie de l'animal, ou pendant sa préparation. La statistique serait faussée complètement si l'on prenait ces chutes pour des écarts. Il faut donc voir les cicatrices ou constater leur absence. D'autres difficultés viennent des matières étrangères qui adhèrent souvent aux pattes et cachent les poils et surtout les petits solénidions. Ceux-ci, même s'ils ne sont pas propres, ne sont pas toujours commodes à voir. Pour ces motifs on est obligé, dans bien des cas, d'orienter la patte de plusieurs manières.

Les résultats obtenus sont intéressants et divers, et il en sera question

---

([2]) Cela exige que ces poils soient des organes précis, pourvus individuellement d'une histoire ontogénique et par conséquent phylogénique. Ils doivent appartenir au système primitif ou encore, à la rigueur, à un système néotriche débutant. Cette condition est réalisée par *T. tectorum*, elle ne le serait pas par un Trombidion. Dans ce travail les poils sont choisis comme exemples d'organes aléatoires parce qu'ils se prêtent à des statistiques, plusieurs d'entre eux ayant, à certaines stases, des probabilités favorables voisines de 0,5.

dans d'autres notes. Pour le moment je donne ceux qui concernent la symétrie.

Deux hypothèses principales peuvent être faites :

1° La répartition des écarts se fait au hasard entre la droite et la gauche. Si P est la probabilité que l'écart existe à droite, on a la même probabilité que l'écart existe à gauche. La probabilité d'un écart symétrique est alors P^2 et celle d'un écart dissymétrique $2P(1-P)$.

2° Les écarts sont toujours symétriques. Leur probabilité d'existence est P.

L'observation montre tout de suite que la deuxième hypothèse ne convient pas. Si l'on observe un écart sur une patte droite, on ne le retrouve pas sur la patte gauche correspondante du même individu, en général. Mais il y a aussi des écarts symétriques. Calculé dans la première hypothèse, le nombre de ces derniers est-il conforme à l'observation ?

Le tableau ci-dessous montre ce qu'il en est. Je l'ai dressé seulement pour les plus forts écarts des tritonymphes. Les poils sont désignés par leur emplacement, avec les conventions suivantes : α et π sont les deux faces antiaxiale et paraxiale de la patte; *ld* et *lv* veulent dire latérodorsal et latéroventral; F, G, T sont le fémur, le génual, le tibia; αldT III, par exemple, est le poil antilatérodorsal du troisième tibia. Les $(n_d + n_g)$ écarts observés au total, pour chaque poil, sur N exemplaires de la tritonymphe, comprenaient n_s couples formés de deux écarts symétriques. Les sept premières lignes du tableau sont relatives à des tritonymphes d'Amélie-les-Bains ($N = 40$) et les quatre dernières à des tritonymphes de Menont ($N = 35$) appartenant à une race différente.

	Nombre observé d'écarts			Nombre calculé des écarts symétriques.	
	à droite (n_d).	à gauche (n_g).	symétriquement (n_s).	1° répartition au hasard.	2° répartition symétrique.
αlv G I manque.....	8	10	2	2	9
πld F II »	8	10	5	2	9
αlv G III »	11	17	5	4,7	14
αld T III »	6	7	1	1,0	6,5
αld G IV »	8	5	1	1	6,5
αld T IV »	13	15	8	4,9	14
πlv G II existe.......	14	18	7	6,3	16
πlv G II manque.....	11	12	3	3,7	11,5
αld G IV »	7	3	1	0,6	5
αlv T II existe......	9	13	4	3,3	11
αld T IV »	13	11	4	4,1	12

Ce tableau permet de comparer n_s avec une valeur approximative du nombre théorique des écarts symétriques, dans les deux hypothèses envisagées plus haut. Pour la 1[re] hypothèse, cette valeur est le quotient de $n_d n_g$ par N (4[e] colonne). Pour la 2[e], j'ai pris la moyenne arithmétique entre n_d et n_g (5[e] colonne).

Le calcul ne peut donner qu'une approximation assez grossière puisqu'il faut remplacer les probabilités par les fréquences et que le nombre total des observations n'est pas très grand. La concordance entre les chiffres calculés de la 4[e] colonne et le nombre n_s observé est cependant très bonne dans 9 cas sur 11. Elle ne l'est pas pour les poils $\pi\, ld$ F II et $\alpha\, ld$ T IV des exemplaires d'Amélie-les-Bains. Y a-t-il quelque chose de particulier pour ces poils? Je crois qu'il serait imprudent de l'affirmer, car des différences doivent exister entre les chiffres des colonnes 3 et 4. Une grande différence (relativement au nombre total des écarts) ne serait peu probable que si N était grand, et cela ne la rendrait pas impossible. On peut faire la même remarque au sujet des différences entre n_d et n_g.

Le seul moyen de rendre meilleurs les résultats serait d'opérer sur plusieurs centaines d'exemplaires. Je compte en effet recommencer ce travail avec des récoltes plus riches, contenant davantage de tritonymphes. La stase tritonymphale est la plus favorable parce que c'est elle qui porte, chez *T. tectorum*, les écarts les plus fréquents.

Malgré le trop petit nombre des exemplaires étudiés, je crois que l'on peut déjà conclure, sinon à l'exactitude de la 1[re] hypothèse, du moins à la prépondérance considérable du hasard dans la répartition des écarts.

Je rappelle maintenant que ces écarts ne sont pas des anomalies. Ils représentent le procédé habituel par lequel évoluent les organes qui régressent par retardement. Le procédé correspondant de l'évolution progressive, celui des organes qui deviennent de plus en plus précoces, me semble d'ailleurs analogue, au moins dans les cas que je connais. Il se fait aussi par écarts autour d'une époque d'apparition plus probable. Son asymétrie est facile à observer, par exemple dans la transformation des poils en acanthoïdes.

On ne voit pas bien, dès lors, pourquoi ces procédés généraux d'évolution, qui s'appliquent aussi bien à des organes très aléatoires qu'à des organes quasi certains, auraient un privilège d'asymétrie. N'est-il pas plus logique de dire qu'ils ne font pas exception? La symétrie bilatérale des êtres vivants n'est pas une symétrie géométrique simple. Elle doit faire intervenir les probabilités d'existence des organes. Elle s'énoncerait ainsi

par exemple : *un organe et son symétrique ont la même probabilité d'exister, mais la répartition de l'organe entre la droite et la gauche, dans une collection d'exemplaires du même animal, se fait au hasard.*

Un être construit selon ce principe aurait la symétrie bilatérale pour ses organes à probabilités voisines de 1, mais ses organes aléatoires seraient distribués d'une manière partiellement dissymétrique et d'autant plus dissymétrique que leur probabilité serait plus faible. C'est bien ce que l'on constate.

L'animal paraît néanmoins symétrique. Cela veut dire que la plupart des organes, en particulier ceux qui sont nécessaires à la vie, ont une existence presque certaine. Leur probabilité voisine de 1 les oblige à être symétriques, même s'ils sont distribués au hasard entre la droite et la gauche, comme les autres organes. Les cas de dissymétrie, qui doivent être peu nombreux, sont rendus plus rares encore parce qu'ils entraînent généralement la mort de leurs porteurs. Les organes accessoires à faible probabilité, à l'inverse, sont presque toujours dissymétriques, mais à condition d'exister, et le plus probable, naturellement, est qu'ils manquent des deux côtés à la fois, de sorte que l'animal est encore symétrique, le plus souvent, à leur égard. C'est pour des organes accessoires à probabilité moyenne, voisine de 0,5, que l'animal aura le plus d'exemplaires dissymétriques.

J'appelle *dissymétrie*, dans cette Note, l'existence d'un organe d'un côté du corps et son absence de l'autre côté. L'*asymétrie* est la répartition au hasard entre la droite et la gauche. Elle entraîne l'existence d'individus symétriques et d'autres dissymétriques.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Uréogenèse et métabolisme de l'azote purique chez les végétaux.* Note de M. **Richard Fosse**.

1. Si le mécanisme de l'uréogenèse n'est pas connu chez les animaux, celui de la formation très générale de l'urée par oxydation des substances organiques et de l'ammoniac découle très nettement, au contraire, des synthèses que nous avons réalisées, de toute une série des termes intermédiaires



Formol → Cyanamide → Acide cyanhydrique → Acide cyanique.

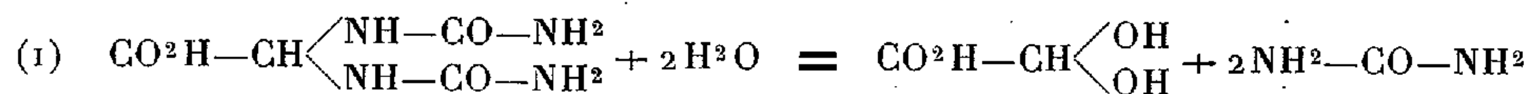
Le processus chimique de la respiration, *l'oxydation*, produit donc,

in vitro, aux dépens des dérivés combustibles du carbone, naturels ou artificiels, non seulement des corps d'activité chimique nulle ou très faible (eau, gaz carbonique, urée), mais aussi de puissants agents de synthèse des principes naturels, le *formol* et *l'acide cyanhydrique*, considérés comme les premiers termes de l'assimilation chlorophyllienne du carbone et de l'azote et l'origine des constituants combustibles de la matière vivante; la *cyanamide*, génératrice *in vitro* de bases *guanidiques*, de la *créatine* et de la *créatinine* ainsi que de *l'arginine*.

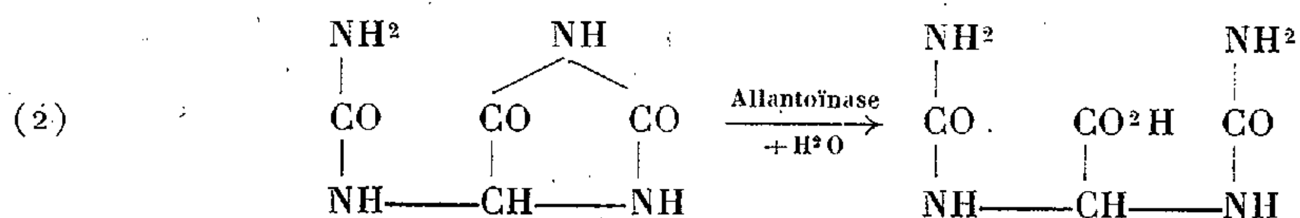
2. En cherchant à vérifier la présence du formol dans les feuilles vertes, productrices d'une réaction colorée attribuée à cet aldéhyde, nous avons découvert un principe naturel d'importance considérable, l'*acide allantoïque*.

L'origine de cet uréide révèle chez les végétaux, avec l'existence d'une série d'autres principes, les étapes successives d'un mécanisme de formation de l'urée inconnu chez les êtres vivants.

Dans le milieu acide des sucs végétaux, l'acide allantoïque se scinde, lentement à froid, rapidement à chaud, en urée et acide glyoxylique :



3. L'*acide allantoïque* dérive, *in vivo* et *in vitro*, de *l'allantoïne*, par simple fixation d'eau, sous l'influence de *l'allantoïnase*, découverte avec Brunel dans le règne végétal et animal.



Ces deux réactions quantitatives donnent la possibilité de réaliser aisément, grâce à nos méthodes très sensibles d'analyse de l'urée et de l'acide glyoxylique, la caractérisation et la mesure d'activité de l'allantoïnase, l'identification et le dosage de très petites quantités d'acide allantoïque et d'allantoïne.

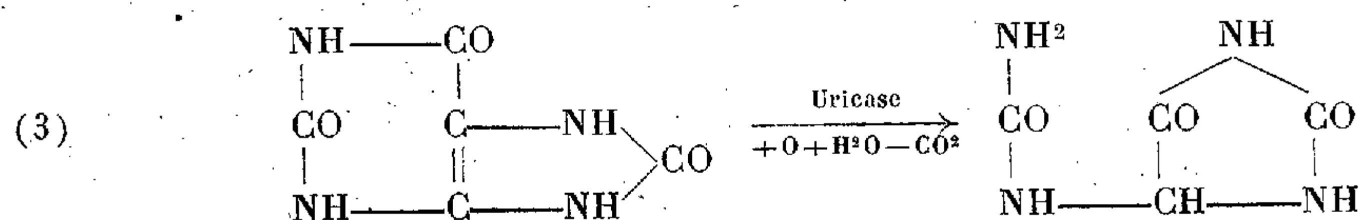
D'autre part, avec Thomas et De Graeve, nous avons démontré que l'allantoïne, considérée comme optiquement inactive et indédoublable, se dédouble sous l'influence de son enzyme hydratante spécifique en deux antipodes optiques, dont la vitesse d'hydratation différente, plus grande pour le droit que pour le gauche, permet d'isoler ce dernier. L'isomère droit se trouve chez les végétaux (platane) et les animaux (veau). Le com-

posé racémique se précipite de solutions équimoléculaires concentrées de ses composants

Ces trois principes naturels, à qui l'on refusait le droit d'exister comme espèces chimiques, démontrent que, contrairement à l'opinion admise, l'allantoïne est un corps racémique, dont la structure asymétrique dérive des belles synthèses réalisées par Grimaux et d'autres savants.

De là résulte, en outre, l'origine purique de l'urée chez les végétaux.

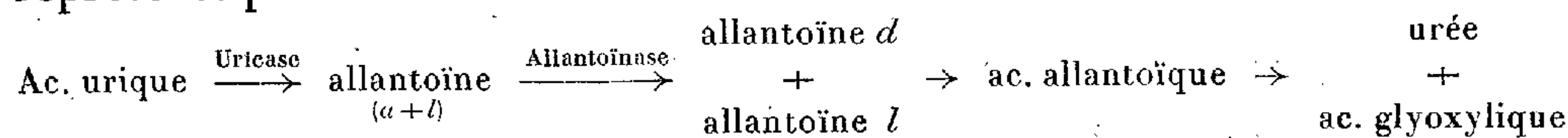
4. *L'allantoïne racémique* provient, en effet, de l'oxydo-hydratation de l'*acide urique* sous l'influence de l'*uricase* :

(3) 

L'acide urique, dont on affirmait l'absence dans les plantes, a pu être isolé, avec Thomas et De Graeve, de plusieurs graines et identifié par l'analyse quantitative élémentaire.

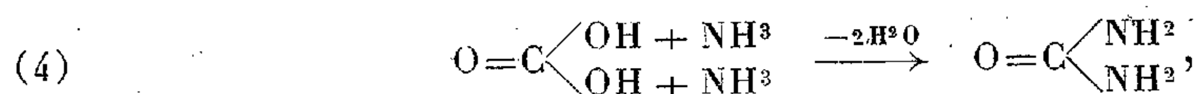
Sa transformation *totale* en acide allantoïque par l'uricase hépatique et l'allantoïnase du Soja permet de doser avec précision cet uréide à l'aide de nos techniques d'analyse de l'urée et de l'acide glyoxylique.

5. Le mécanisme de formation de l'urée à partir de l'acide urique est représenté par le schéma



On le trouve inscrit dans une foule de graines qui renferment, à la fois, plusieurs de ces uréides et de ces enzymes.

L'urée ainsi formée ne résulte pas d'une synthèse, comme dans l'oxydation des substances organiques ou la théorie de l'uréogenèse animale aux dépens de l'acide carbonique et de l'ammoniac :

(4) 

$$O{=}C\begin{cases}OH + NH^3\\OH + NH^3\end{cases} \xrightarrow{-2H^2O} O{=}C\begin{cases}NH^2\\NH^2\end{cases},$$

mais de la mise en liberté de cet amide, préformé, inclus dans les molécules de l'acide urique et des nucléines.

6. Contrairement à ce qui a lieu pour nombre de champignons sans uréase, l'urée ne se trouve qu'en très faible quantité chez les végétaux supérieurs, où sa présence, pour être décelée, exige la très grande sensibilité

de notre réactif. Cet amide peut cependant apparaître en quantité considérable par simple chauffage de certains sucs foliaires ou plantulaires, qui accumulent l'acide allantoïque comme matière azotée de réserve.

7. L'urée provient-elle chez les végétaux exclusivement de l'acide urique et par conséquent des nucléines ? On ne peut l'affirmer. Elle dérive sans doute, aussi, d'autres sources, notamment de l'*arginine* chez les champignons, où la présence et la très grande activité de l'*arginase* ont été démontrées par N. N. Ivanhoff.

8. Le métabolisme de l'azote purique ne se termine pas à la phase urée, il franchit encore une dernière étape, grâce à l'uréase, très active et très répandue dans les graines et les plantules. En hydratant l'urée, non directement assimilable par la plante, l'uréase lui procure son aliment azoté idéal, précieux entre tous, l'ammoniaque.

CYTOLOGIE. — *Sur la continuité génétique du cinétome chez quelques Ciliés Hypotriches.* Note (1) de M. **Édouard Chatton** et Mlle **Joséphine Seguela.**

La continuité génétique du cinétome chez les Infusoires Ciliés, établie par Chatton et Lwoff et leurs collaborateurs pour ce qui est des Ciliés Holotriches et des Acinétiens (2), par Chatton et Mme Villeneuve pour ce qui est des Péritriches (3) et par Mme Villeneuve pour ce qui est des Hétérotriches (4), reste partiellement douteuse pour ce qui est Hypotriches.

On sait que, chez ces Infusoires, très évolués, la ciliature, qui sur la face dorsale est constituée, comme chez les Ciliés primitifs, de cils isolés, est formée sur la face ventrale de cils étroitement groupés et agglutinés en pinceaux ou cirres et en palettes ou membranelles préorales. Il est bien établi [Gelei (5) et nous-mêmes contre B. Klein (6)], que les cils dorsaux

(1) Séance du 13 mars 1939.

(2) E. Chatton, A. et M. Lwoff et L. Tellier, *C. R. Soc. Biol.*, 100, 1929, p. 1191-1196; E. Chatton et A. et M. Lwoff, *ibid.*, 107, 1931, p. 532-535; E. Chatton, A. et M. Lwoff et J. Monod, *ibid.*, 107, 1931, p. 560-564 · E. Chatton, A. et M. Lwoff et J. Monod, *Bull. Soc. Zool. France*, 56, 1931, p. 367-374.

(3) E. Chatton et Mme S. Villeneuve, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 538-541.

(4) Voir ci-après, p. 934, la Note de Mme S. Villeneuve-Brachon.

(5) *Zool. Anz.*, 105, 1934, p. 258-266.

(6) *Arch. f. Protistenk.*, 88, 1936, p. 1-22, pl. I.

se multiplient au moment de la scission de l'Infusoire, par division de leurs cinétosomes. A ce point de vue les Hypotriches vérifient la règle commune de la permanence et de la continuité génétique des cinétosomes.

Mais, en ce qui concerne la ciliature ventrale, les recherches effectuées jusqu'ici par Gelei ([5]) et par nous-mêmes sur l'*Euplotes Patella*, et celles de B. Klein ([6]) sur l'*E. Möbiusi* ont montré que les ébauches de chacun des nouveaux cirres et celle, unique, du nouveau péristome procèdent d'autant d'épaississements locaux des cordons de l'argyrome. Ces plages se décomposent ultérieurement en granules d'où poussent les cils des formations vibratiles. Tout se présente donc ici comme si les cinétosomes des cirres et des membranelles se différenciaient au sein de la substance argyrophile, conformément à la conception de leur néoformation, formulée par B. Klein, et qui est en opposition foncière avec celle de leur continuité génétique.

Cependant nous avions des raisons de penser que cette exception ne pouvait être qu'une apparence. Chatton et Lwoff ont démontré l'existence chez plusieurs Holotriches (*Chilodon*, *Sphenophrya*, *Glaucoma*), et chez l'Acinétien *Podophrya* (*loc. cit.*), de *cinétosomes erratiques* épars sur les cordons de l'argyrome, et leur faculté de se rassembler à certains moments, de se multiplier et de s'ordonner pour former, par exemple chez la *Podophrya*, tout le champ cilié de l'embryon. Rien, dans le cas de l'*Euplotes Patella*, n'excluait la possibilité que des cinétosomes erratiques existant sur l'argyrome, mais occultés par lui, en raison de son exceptionnel développement en épaisseur et de son intense affinité pour l'argent, fussent eux-mêmes les germes des ébauches des cirres et des palettes.

L'hypothèse n'étant pas susceptible d'une vérification directe, nous avons recherché sa confirmation chez d'autres Hypotriches : un autre *Euplotes*, l'*E. crassus* Duj., et un représentant de la famille la plus primitive du groupe, celle des *Oxytrichidæ*, l'*Opisthotricha monspessulana*, *n. sp.* que nous décrivons ailleurs.

L'*Euplotes crassus* a un argyrome à peu près aussi important que celui de l'*E. Patella*. On y voit cependant nettement un peu avant la division, un des gros cinétosomes de la marge postérieure du péristome ancien s'allonger et former directement les lèvres de l'orifice qui est l'ébauche de tout le nouveau péristome. Et de même voit-on les ébauches des nouveaux cirres procéder de cinétosomes émigrés sur le réseau argyrophile à partir des plaques cinétosomiennes des cirres anciens.

Chez l'*Opisthotricha monspessulana*, l'argyrome, très difficilement impré-

gnable, est à cordons beaucoup plus fins et à mailles beaucoup plus petites que chez les *Euplotes*. En dehors des plaques cinétosomiennes des cirres et des palettes, on y voit, dispersés sur l'argyrome et comme véhiculés par lui, de nombreux granules, régulièrement calibrés et imprégnés en noir. A la prédivision on assiste au rassemblement de ces granules en un arc de cercle situé un peu en arrière de l'ancien péristome, à leur multiplication et à leur mise en ordre sous forme de bandes normales à l'arc, représentant chacune l'ébauche d'une palette de la zone préorale. Ces granules sont des cinétosomes erratiques. C'est seulement quand l'ébauche péristomienne est déjà nettement esquissée que se constituent celles des cirres frontaux, ventraux et transverses. Des granules erratiques se groupent en 5 plages antérieures et 5 plages postérieures. Chacune de ces 5 plages se subdivise en autant de plages secondaires qu'il y a de cirres. Les cirres marginaux se forment aussi par groupement de cinétosomes en quatre zones marginales, deux antérieures et deux postérieures, qui se découpent en autant de petites bandes parallèles qu'il y a de cirres.

Ce n'est pas *a priori* que nous considérons ces granules comme des cinétosomes erratiques; cette qualité ressort du fait même qu'ils deviennent les cinétosomes des cirres ou des palettes et poussent très précocement leurs cils.

Si, en ce qui concerne la genèse de la ciliature ventrale de l'*Euplotes Patella*, les apparences sont contraires à la thèse de la permanence et de la continuité génétique du cinétome, les faits que nous observons chez l'*Euplotes crassus* et chez l'*Opisthotricha monspessulana*, la vérifient entièrement, et, par là même, renforcent l'hypothèse que, chez la première espèce, l'existence et le jeu des cinétosomes sont simplement masqués par l'importance exceptionnelle de l'argyrome.

Ces observations, avec celles de Mme Villeneuve sur les Hétérotriches (*), étendent à des représentants de tous les groupes de Ciliés, la justification de la théorie de Chatton et Lwoff, de la permanence et de la continuité génétique du cinétome.

NOMINATIONS.

M. **Louis Lapicque** est désigné pour représenter l'Académie à la célébration du *Sixième centenaire* de la fondation de l'*Université de Grenoble*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section des Académiciens libres en remplacement de M. *M. d'Ocagne* décédé.

Le nombre de votants étant 59,

M. Jacques Duclaux obtient	....	40	suffrages
M. Albert Pérard	»	6	»
M. Joseph Bethenod	»	4	»
M. André Kling	»	3	»
M. Gustave Roussy	»	2	»
M. Louis Bréguet	»	1	»
M. Justin Jolly	»	1	»
M. Paul Lévy	»	1	»

Il y a 1 bulletin blanc.

M. **Jacques Duclaux**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la détermination des surfaces convexes.* Note (1) de M. **J. Favard**, présentée par M. Gaston Julia.

Soient, dans l'espace à n dimensions $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, n corps convexes $C_1, C_2, \ldots, C_n$, non dégénérés, distincts ou non; on sait (2) qu'entre leurs volumes mixtes on a les inégalités de la forme

$$V^2(C_1, C_2, \ldots, C_n) \geqq V(C_1, C_1, C_3, \ldots, C_n)\, V(C_2, C_2, C_3, \ldots, C_n). \tag{1}$$

(1) Séance du 13 mars 1939.

(2) W. Fenchel, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 647 et 764.

Le but de cette Note est de montrer que *si l'on suppose que les diverses fonctions d'appui* $H_1, H_2, \ldots, H_n$, *de ces corps ont des dérivées secondes continues, alors le signe d'égalité ne peut avoir lieu dans* (1) *que si les corps* C_1 *et* C_2 *sont homothétiques.*

En faisant au préalable une homothétie, si cela est nécessaire, nous pouvons toujours supposer que l'on a

$$V(C_1, C_2, C_3, \ldots, C_n) = V(C_1, C_1, C_3, \ldots, C_n) = V(C_2, C_2, C_3, \ldots, C_n),$$

et nous démontrerons que les corps C_1 et C_2 peuvent se déduire l'un et l'autre par une translation.

En appliquant une méthode que j'ai donnée [3] dans le cas de 3 dimensions, on prouve facilement que les égalités ci-dessus entraînent

$$V(C_0, C_2, C_3, \ldots, C_n) = V(C_0, C_1, C_3, \ldots, C_n),$$

quel que soit le corps convexe C_0, et ensuite

$$D(H_1, H_3, \ldots, H_m) = D(H_2, H_3, \ldots, H_m), \tag{2}$$

où la notation D désigne le discriminant mixte, sur la sphère de rayon 1 centrée à l'origine, des formes quadratiques non négatives en ξ_μ

$$[H_i] = \sum_{\mu, \nu = 1}^{n} \xi_\mu \xi_\nu \frac{\partial^2 H_i}{\partial x_\mu \, \partial x_\nu} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

En posant $H_2 - H_1 = L$, la formule (2) s'écrit

$$D(L, H_3, \ldots, H_n) = 0, \tag{3}$$

égalité valable sur toute la sphère de rayon 1 centrée à l'origine.

Or, d'une égalité due à M. A. Alexandroff [4], on déduit qu'en tout point de cette sphère on a

$$D^2(L, H_3, \ldots, H_n) \geqq D(L, L, H_4, \ldots, H_n)\, D(H_3, H_3, H_4, \ldots, H_n), \tag{4}$$

sans que [L] soit nécessairement non négative; le signe d'égalité n'ayant lieu que si [L] est proportionnelle à $[H_3]$ au point considéré.

Des relations (3) et (4) nous tirons

$$D(L, L, H_4, \ldots, H_n) \leqq 0. \tag{5}$$

---

(3) J. Favard, *Journal de Math.*, **12**, 1933, p. 219-282.
(4) *Rec. Math. Moscou*, **3**, 1938, p. 227-251.

Or, d'après la formule servant au calcul des volumes mixtes, on a

$$(6)\qquad \int H_3 D(L, L, H_4, \ldots, H_n)\, d\omega = \int LD(L, H_3, \ldots, H_n)\, d\omega = 0,$$

l'intégrale étant étendue à la sphère de rayon 1 centrée à l'origine, $d\omega$ désignant l'élément d'aire de cette sphère.

De (5) et (6), nous déduisons alors ([5])

$$D(L, L, H_4, \ldots, H_n) = 0.$$

Le signe d'égalité a donc lieu dans (4), [L] est donc proportionnelle à $[H_3]$, mais, comme

$$D(H_3, H_3, H_4, \ldots, H_n) > 0,$$

l'égalité (3) donne [L] = 0 et, en définitive,

$$H_2 - H_1 = \sum_{\mu=1}^{n} a_\mu x_\mu,$$

où les a_μ désignent des constantes : c'est ce que nous voulions démontrer.

Dans l'espace à trois dimensions, M. D. Hilbert ([6]) avait établi ce résultat pour deux corps, au moyen de la théorie des équations intégrales; la différence entre sa méthode et la précédente est dans la démonstration directe de l'égalité (2) au moyen de considérations géométriques.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les problèmes du Calcul des variations dans le cas des intégrales simples, dans lesquels les extrémités de la ligne d'intégration sont variables sur des courbes à points singuliers.* Note ([1]) de M. **Alfred Rosenblatt.**

1. J'ai donné (*Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences*, 1919) les conditions nécessaires et suffisantes de l'extrémum dans le cas du problème plan, où l'extrémale est tangente à la courbe transversale $\mathcal{K}$. Maintenant je voudrais m'occuper du cas singulier où $\mathcal{K}$ a au point $\mathfrak{X}_{10}$ un point

---

([5]) H. Weyl (*S. B. preuss. Akad. Wiss.*, 1917, p. 250-266) a employé ce procédé dans un cas particulier.

([6]) *Nachr. Ges. Wiss. Göttingen*, 1910, p. 388-406.

([1]) Séance du 30 janvier 1939.

cuspidal. Les considérations qui suivent peuvent être facilement généralisées au cas de l'n-espace euclidien avec des m-variétés singulières transversales.

2. Soient

$$(1)\qquad \begin{cases} \overline{x}(a) = \frac{1}{2}\overline{x}''(a_0)(a-a_0)+\ldots, \\ \overline{y}(a) = \frac{1}{2}\overline{y}''(a_0)(a-a_0)+\ldots, \end{cases}$$

les équations de $\mathcal{K}$, et l'on suppose $\overline{x}''$ et y'' non nuls à la fois. Considérons l'intégrale

$$(2)\qquad \mathcal{J} = \int_{t_1}^{t_2} \mathcal{F}(x, y; x', y')\,dt,$$

et soit $I(a)$ l'intégrale extrémale de Hamilton. Pour un minimum il faut que l'on ait

$$(3)\qquad I''(a_0) \equiv -\overline{x}''(a_0)\mathcal{F}^0_{x'} - \overline{y}''(a_0)\mathcal{F}^0_{y'} \geqq 0.$$

Pour pouvoir appliquer la théorie du champ d'extrémales on doit supposer l'égalité. On a alors

$$(4)\qquad I'''(a_0) \equiv -\overline{x}'''(a_0)F^0_{x'} - \overline{y}'''(a_0)\mathcal{F}^0_{y'} = 0,$$

et l'angle $\theta_1(a)$ de transversalité satisfait à la condition

$$(5)\qquad \Theta'_1(a_0) = 0.$$

3. Supposons

$$\mathcal{F}_1 > 0 \quad \text{le long de l'extrémale } E_0,$$

$\mathcal{F}(P_{10}) \neq 0$,

$$(6)\qquad x'(t_1)\overline{y}''(a_0) - y'(t_1)\overline{x}''(a_0) > 0.$$

Envisageons le faisceau d'extrémales transversales à $\mathcal{K}$,

$$(7)\qquad \begin{cases} x = X[s, x(a), y(a), \theta(a)], \\ y = Y[s, x(a), y(a), \theta(a)]. \end{cases}$$

Le point focal est le zéro le plus voisin de P_{10} de

$$(8)\qquad \Delta_a(t, a),$$

soit t''_1. Supposons

$$(9)\qquad t''_1 > t_2.$$

Entourons l'arc $P_{10}P_2$ de $\mathcal{E}_0$ d'un domaine D et soit D_+ la partie située

du même côté que $\mathcal{K}$. On démontre qu'à un point $Q(x, y)$ de D_+ situé sur la normale n du point $P(x_0, y_0)$ de $\mathcal{E}_0$ correspondent deux systèmes de valeurs de a, t

$$(10)\quad \left\{\begin{aligned} a - a_0 &= \pm\sqrt{\frac{2(\xi Y_{t_0} - \eta X_{t_0})}{X_{t_0} Y_{a_0 a_0} - Y_{t_0} X_{a_0 a_0}}}\,[1 + \varepsilon(\xi, \eta)], \\ t - t_0 &= \frac{\xi Y_{a_0 a_0} - \eta X_{a_0 a_0}}{X_{t_0} Y_{a_0 a_0} - Y_{t_0} X_{a_0 a_0}} + \bar{\varepsilon}(\xi, \eta)\sqrt{\xi^2 + \eta^2}, \\ &[\xi = x - x_0,\ \eta = y - y_0,\ \varepsilon,\ \bar{\varepsilon} \text{ tendant vers zéro avec } (\xi, \eta)]. \end{aligned}\right.$$

On a ainsi deux champs de Weierstrass $a > a_0$, $a < a_0$ auxquels on applique la théorie classique.

4. Supposons maintenant que la courbe C, joignant le point P_1 de K au point fixe P_2, coupe, au point P_3, pour la première fois $\mathcal{E}_0$. On décompose $P_1 P_2$ en $P_1 P_3 + P_3 P_2$ en démontrant les inégalités

$$\mathcal{J}_C(P_1, P_3) > \mathcal{J}_{\mathcal{E}_0}(P_{10}, P_3), \qquad \mathcal{J}_C(P_3, P_2) \geqq \mathcal{J}_{\mathcal{E}_0}(P_3, P_2).$$

La condition

$$(11)\qquad I^{\text{IV}}(a_0) > 0$$

est

$$(12)\quad \begin{aligned} &3\,\mathcal{F}_1(s_1)\left\{\bar{x}''_0 y'_1 - \bar{y}''_0 x'_1\right\}\left\{\bar{x}''_0 y''_1 - \bar{y}''_0 x''_1\right\} + z_1(s_2)\,(\bar{x}''_0 y'_1 - \bar{y}''_0 x'_1)^2\,\} \\ &\quad - 3\left\{\mathcal{F}^0_{x'x_1}\bar{x}''^2_0 + \mathcal{F}^0_{x'y_1}\bar{x}''_0\bar{y}''_0 + \mathcal{F}^0_{x_1 y'}\bar{x}''_0\bar{y}''_0 + \mathcal{F}^0_{y'y_1}\bar{y}''^2\right\} - \bar{x}^{\text{IV}}_0\mathcal{F}^0_{x'} - \bar{y}^{\text{IV}}_0\mathcal{F}^0_{y'} > 0. \end{aligned}$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la réductibilité des systèmes automorphes dont le groupe associé est simplement transitif.* Note de M. **Ernest Vessiot**, présentée par M. Élie Cartan.

M. É. Cartan a rappelé, dans un article récent, que l'extension des idées de Galois aux équations différentielles ordinaires, telle qu'elle a été faite par M. Émile Picard, suppose que toutes les constantes complexes appartiennent au domaine de rationalité; et qu'il a depuis longtemps posé la question de savoir ce qui subsisterait de cette théorie, si on laissait tomber cette hypothèse ([1]). Voici le résumé d'une analyse qui donne une réponse à cette question.

1. Considérons, plus généralement, un système S automorphe ayant

---

([1]) *Commentarii mathematici Helvetici*, 11, 1939, p. 9 et 15; *Revue du mois*, 17, 1914, p. 465.

pour groupe associé G un groupe simplement transitif, dont les équations finies soient rationnelles et résolubles rationnellement par rapport aux paramètres. Elles le seront encore si l'on prend, pour paramètres $a_1, \ldots, a_n$ les coordonnées de la position que prend par la transformation générale de G, un point origine de coordonnées $\omega_1, \ldots, \omega_n$ rationnelles.

Soient alors

$$(1) \qquad x'_i = f_i(x_1, \ldots, x_n; a_1, \ldots, a_n) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

ces équations. Celles du groupe simplement transitif G_0 *réciproque* de G seront

$$(2) \qquad z_i = f_i(a_1, \ldots, a_n; z'_1, \ldots, z'_n) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

Soient $t_1, \ldots, t_p$ les variables indépendantes, $x_1, \ldots, x_n$ les fonctions inconnues. Si

$$x_i = u_i(t_1, \ldots, t_p) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

est une solution de S, son intégrale générale sera

$$(3) \qquad x_i = f_i(u_1, \ldots, u_n; a_1, \ldots, a_n) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

et la transformation, des x_i en z_i,

$$(4) \qquad x_i = f_i(u_1, \ldots, u_n; z_1, \ldots, z_n)$$

réduira S à

$$dz_i = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

2. Soit D un diviseur de S, c'est-à-dire un autre système dont toutes les solutions sont des solutions de S. On peut supposer qu'il est formé de S et d'un système Ω d'ordre zéro; et qu'il n'en peut résulter, par dérivations et éliminations, aucune équation d'ordre zéro indépendante de Ω. Dans ces conditions, toute transformation (4) change Ω en un système Ω_0 qui ne dépend pas des t_i. Et si les u_i satisfont à des conditions initiales de la forme $u_i(t_1^0, \ldots, t_n^0) = \omega_i$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$, Ω_0 se déduit de Ω en y faisant $t_i = t_i^0$ et $x_i = z_i$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$.

Toutes les solutions $(u_1, \ldots, u_n)$ de S pour lesquelles (4) change Ω en Ω_0 sont celles d'un diviseur Δ de S, qui est automorphe, et dont le groupe associé g est un sous-groupe de G isomorphe au plus grand sous-groupe de G_0 qui laisse Ω_0 invariant.

Les solutions de D se répartissent en familles dont chacune se compose des solutions d'un système automorphe dont le groupe associé, variable d'une famille à l'autre en général, est un des homologues de g dans G.

3. Dire que S est *réductible*, c'est dire qu'il y a au moins un diviseur rationnel autre que lui-même. Mais si Ω est rationnel, il y aura, d'après ce qui précède, des Ω_0 qui seront rationnels, et les Δ correspondants le seront aussi. On arrive, dès lors, aisément aux conclusions annoncées :

1° *Tous les diviseurs rationnels de* S, *qui ont en commun une solution* $(u_1, \ldots, u_n)$ *de* S *telle que les* u_i *prennent simultanément, pour au moins un système de valeurs rationnelles des* t_i, *des valeurs rationnelles, ont un plus grand commun diviseur qui est rationnel, irréductible, automorphe et dont le groupe associé* Γ (groupe de rationalité), *est un sous-groupe de* G. *Les groupes* Γ *ainsi définis sont homologues dans* G.

2° *Les solutions de tout diviseur rationnel de* S *se répartissent en familles dont chacune est formée par les solutions d'un système automorphe, rationnel ou non, dont le groupe associé, variable d'une famille à l'autre, est homologue dans* G *aux groupes* Γ *ci-dessus définis.*

Les groupes de rationalité ainsi obtenus sont donc, comme on pouvait s'y attendre, analogues à ceux des équations aux dérivées partielles du premier ordre, à une fonction inconnue, linéaires et homogènes ([2]). Mais si toutes les constantes complexes appartiennent au domaine de rationalité, la première partie de l'énoncé précédent est valable pour toute solution $(u_1, \ldots, u_n)$ de S, et le groupe de rationalité Γ a, dès lors, les propriétés caractéristiques du groupe de Galois d'une équation algébrique.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les valeurs limites des fonctions de deux variables complexes.* Note de MM. **Stefan Bergmann** et **Joseph Marcinkiewicz**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $\mathfrak{M}^4$ un domaine dont la frontière est formée par deux hypersurfaces analytiques, à savoir

$$\mathcal{S}_1^3 = \mathbf{E}[z_1 = h(z_2, \lambda), (0 \leqq \lambda \leqq 2\pi, |z_2| \leqq 1)] \ (^1),$$
$$\mathcal{S}_2^3 = \mathbf{E}[z_1 = sh(z_2, \lambda), (0 \leqq \lambda \leqq 2\pi, 0 \leqq s \leqq 1), z_2 = e^{i\varphi_2}, (0 \leqq \varphi_2 \leqq 2\pi)],$$

où $h(z_2, \lambda)$, pour tout λ fixe, est une fonction analytique de z_2 qui satisfait

---

([2]) On peut, du reste, arriver à la notion de ceux-ci par une marche analogue à celle du texte.

([1]) $\mathbf{E}[\ldots]$ désigne l'ensemble des points satisfaisant à la propriété exprimé entre crochet.

aux inégalités

$$\min_{z_2,\ldots} |h(z_2, \lambda)| \geqq \Delta > 0, \qquad \frac{1}{M} \leqq \left| \frac{dh(z_2, \lambda)}{d\lambda} \right| \leqq M < \infty.$$

Si $\rho = \rho(\omega)$ représente l'équation de la courbe $z_1 = h(z_2, \lambda)$ $(0 \leqq \lambda \leqq 2\pi)$, z_2 fixe, en coordonnées polaires, nous avons $|d^2\rho/d\omega^2| \leqq M$ où M désigne une constante absolue et ω est une fonction de λ telle que $M^{-1} \leqq |d\omega/d\lambda| \leqq M < \infty$. La surface

$$\mathfrak{F}^2 = \mathrm{E}[z_1 = h(z_2, \lambda),\ z_2 = e^{i\varphi_2},\ 0 \leqq \lambda \leqq 2\pi,\ 0 \leqq \varphi_2 \leqq 2\pi]$$

est appelée la surface remarquable de $\mathfrak{M}^4$ (²) et joue un rôle essentiel dans tout ce qui suit.

Soit $g(\lambda, \varphi_2)$ une fonction continue et doublement périodique des deux variables λ et φ_2. Désignons par $G(z_1, \varphi_2)$ la fonction harmonique dans le domaine borné par la courbe $z_1 = h(e^{i\varphi_2}, \lambda)$, $(0 \leqq \lambda \leqq 2\pi)$, telle que

$$G[h(e^{i\varphi_2}, \lambda),\ \varphi_2] = g(\lambda, \varphi_2).$$

On dit que $g(\lambda, \varphi_2)$ vérifie la condition **N** si l'on a

$$\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} G(\Delta e^{i\varphi_1}, \varphi_2)\cos(m\varphi_1 - n\varphi_2)\,d\varphi_1\,d\varphi_2$$
$$= \int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} G(\Delta e^{i\varphi_1}, \varphi_2)\sin(m\varphi_1 - n\varphi_2)\,d\varphi_1\,d\varphi_2 = 0 \qquad (m = 1, 2, \ldots;\ n = 1, 2, \ldots)\ (^3).$$

La fonction $f(\lambda, \varphi_2)$, $(0 \leqq \lambda \leqq 2\pi,\ 0 \leqq \varphi_2 \leqq 2\pi)$, sera appelée de la classe $L^{(p)}$ $(p \geqq 1)$, si l'on a

$$\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} |f(\lambda, \varphi_2)|^p\,d\lambda\,d\varphi_2 < \infty.$$

Nous dirons qu'elle vérifie la condition **N** si, pour tout $\varepsilon > 0$, on peut trouver une fonction $g(\lambda, \varphi_2)$, doublement périodique et continue, satisfaisant à la condition **N**, et telle qu'on ait

$$\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} |f(\lambda, \varphi_2) - g(\lambda, \varphi_2)|^p\,d\lambda\,d\varphi_2 \leqq \varepsilon.$$

(²) En connection avec la Note cf. Bergmann, *Math. Annalen*, **104**, 1931, p. 611-636; *Jahresbericht d. deutschen Mathematikervereinigung*, **44**, 1932-1933, p. 238-252; *Math. Zeitsch.*, 39, 1934, p. 605-608, et B. Jessen, J. Marcinkiewicz et A. Zygmund, *Fundamenta Math.*, 25, 1935, p. 217-234.

(³) Voir Bergmann, *Math. Annalen*, **104**, 1931, p. 611-636, en particulier p. 615.

Nous dirons qu'une fonction analytique $\mathcal{F}(z_1, z_2)$ régulière dans $\mathfrak{M}^4$ appartient à la classe $\mathcal{H}_p$, si $\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} |\mathcal{F}[s_1 h(s_2 e^{i\varphi_2}, \lambda), s_2 e^{i\varphi_2}]|^p d\lambda\, d\varphi_2 < \infty$ dès que le domaine $\mathfrak{M}_{s_1 s_2}$ dont la frontière est

$$\mathsf{E}[z_1 = s_1 h(s_2 z_2, \lambda),\ (0 \leqq \lambda \leqq 2\pi,\ s_1,\ s_2 < 1 \text{ fixes}),\ |z_2| \leqq 1]$$

et

$$\mathsf{E}[z_1 = s h(s_2 e^{i\varphi_2}, \lambda),\ (0 \leqq s \leqq s_1,\ 0 \leqq \lambda \leqq 2\pi),\ z_2 = s_2 e^{i\varphi_2}(0 \leqq \varphi_2 \leqq 2\pi,\ s_2 \text{ fixe})],$$

est contenu dans $\mathfrak{M}^4$.

Enfin nous désignerons par $\mathcal{E}^4(\lambda, \varphi_2, \alpha)$ la partie commune de $\mathfrak{M}^4$ et du domaine

$$\mathsf{E}\{|\arg(z_2 - e^{i\varphi_2}) - \varphi_2| \leqq \alpha,\ |\arg[z_1 - h(z_2, \lambda)] - \beta(z_2, \lambda)| \leqq \alpha\},$$

où $\beta(z_2, \lambda)$ désigne la direction de la normale intérieure au point $z_1 = h(z_2, \lambda)$ à la courbe $\mathsf{E}[z_1 = h(z_2, \lambda),\ (0 \leqq \lambda \leqq 2\pi)]$.

THÉORÈME 1. — *Soit $\mathcal{F}(z_1, z_2)$ une fonction régulière dans $\mathfrak{M}^4$ et appartenant à la classe $\mathcal{H}_p$ $(p > 1)$. Pour presque tout point $\{\lambda, \varphi_2\}$ la limite*

$$f(\lambda, \varphi_2) = \mathbf{L}[\mathcal{F}(z_1, z_2)], \qquad \mathbf{L}[\ \ ] \equiv \lim_{\substack{\{z_1, z_2\} \in \mathcal{E}^4(\lambda, \varphi_2, \alpha) \\ \{z_1, z_2\} \to \{h(e^{i\varphi_2}, \lambda), e^{i\varphi_2}\}}} [\ \ ], \qquad \left(\alpha < \frac{\pi}{2}\right)$$

existe et l'on a $\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} |f(\lambda, \varphi_2)|^p d\lambda\, d\varphi_2 < \infty$.

THÉORÈME 2. — *Soit $f(\lambda, \varphi_2)$ une fonction de la classe $L^p (p > 1)$ vérifiant la condition* **N**. *Il existe une fonction $\mathcal{F}(z_1, z_2)$ de la classe $\mathcal{H}_p$, régulière dans $\mathfrak{M}^4$ et telle qu'on ait pour presque tout point (λ, φ_2)*

$$\mathbf{L}\big[\mathrm{Re}\big(\mathcal{F}(z_1, z_2)\big)\big] = f(\lambda, \varphi), \qquad \left(\alpha < \frac{\pi}{2}\right) \qquad (\mathrm{Re} = \text{la partie réelle}).$$

Les démonstrations paraîtront dans un autre Recueil.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *L'étoile triple spectroscopique* H. R. 6497. Note de M. **Raymond Tremblot**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Poursuivant la recherche des étoiles multiples spectroscopiques parmi les astres à spectre composite du *Draper Catalogue*, nous croyons pouvoir signaler une réplique du système triple de 59 Serpent (1). Classée de même

(1) D. B. Mac Laughlin, *Astrophysical Journal*, 88, 1938, p. 356; R. Tremblot, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 491.

comme réunissant les caractères des classes A_0 et G, l'étoile H. R. 6497 ([2]) se présente comme simple dans les instruments les plus puissants; aucune mesure de vitesse radiale n'en a encore été publiée et les données permettant d'évaluer la magnitude absolue restent très incertaines.

D'après cinq spectrogrammes, dont la dispersion est de 16 Å par millimètre vers 3930 Å, obtenus au moyen du télescope de l'Observatoire de Paris installé à Forcalquier ($0^m,81$ d'ouverture), les analogies paraissent très étroites entre ces deux systèmes stellaires. Ici encore, l'ensemble du spectre accuse tous les caractères du type G_0 ou G_5, à l'exclusion des raies du calcium et de l'hydrogène, dont l'aspect est celui présenté ordinairement par les classes A_0 ou A_2, l'existence de plusieurs astres étant d'ailleurs attestée par le faible contraste des raies du fer. Tandis que ces dernières sont restées fortement décalées vers le violet pendant l'intervalle des observations, la raie [K] du calcium s'est dédoublée en deux composantes d'intensité légèrement inégale; sur trois clichés, la raie H_ε, de structure complexe, montre une composante bien définie accusant la même vitesse radiale que $[K_1]$. La différence entre la vitesse radiale de l'étoile principale et celle du centre des masses du système de type A, atteignant au moins 50 km. sec. à la date des observations, laisse prévoir une valeur de moins d'un an pour la période la plus longue, et les mesures notées ci-dessous montrent d'autres analogies entre les éléments orbitaux de ce système et ceux de 59 Serpent.

	Mars 1939.				
	2,187.	3,190.	4,150.	4,206([3]).	11,178.
Composante G (km. sec.)......	−42	−44	−47	−31	−48
Composante A (km. sec.)......	−45	−66	−38	+17	+109
	+73	+104	+62		−94

Le contraste suffisant des raies de l'étoile G, ainsi que l'excellente définition de la raie [K] aux diverses phases de l'orbite permettront sans doute de classer cet astre parmi les étoiles multiples spectroscopiques les plus favorablement placées pour une étude précise ([4]).

([2]) Magnitude visuelle 5,98; Coordonnées pour 1900.0 $17^h 21^m$, $+7°41'$.

([3]) D'après un cliché sous-exposé.

([4]) L'étoile H. R. 6450, de magnitude visuelle 6,30 et de classe $B8p + G$, inobservable de l'hémisphère boréal, mériterait sans doute une étude spectroscopique détaillée.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'indiscernabilité des corpuscules.* Note [1] de Mlle **Paulette Février**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Nous définirons ainsi la discernabilité et l'indiscernabilité : un corpuscule appartenant à un certain ensemble sera dit : *a. discernable* des autres corpuscules de cet ensemble s'il y a au moins un caractère lié à des résultats d'expériences par lequel il diffère des autres corpuscules ; *b. indiscernable* des corpuscules d'un sous-ensemble de l'ensemble considéré s'il n'existe aucun caractère lié à des résultats d'expériences par lequel il diffère de tout autre corpuscule du sous-ensemble.

Si les corpuscules d'un ensemble sont discernables les uns des autres, on peut établir entre les éléments de cet ensemble une ordination ayant une signification physique, et inversement *la possibilité d'une ordination et la discernabilité sont physiquement équivalentes.* La discernabilité et l'indiscernabilité ont un caractère objectif contrôlable expérimentalement. Une théorie supposant l'indiscernabilité n'est pas réductible à une théorie supposant la discernabilité et réciproquement.

2. Adoptons maintenant comme hypothèse l'indiscernabilité des corpuscules de même espèce indépendamment de toute considération quantique. Nous dirons qu'il y a *déterminisme des positions* si l'on peut, à partir de mesures initiales convenables, fixer à chaque instant la position des corpuscules du système, *indéterminisme des positions* dans le cas contraire. On peut alors établir que, *si un système contient des corpuscules indiscernables, il y a indéterminisme des positions de ces corpuscules.*

De même nous dirons qu'il y a *déterminisme des quantités de mouvement* si les quantités de mouvement des différents corpuscules du système peuvent, à partir de certaines mesures initiales, être données en fonction du temps, *indéterminisme* dans le cas contraire. On démontre alors que *pour un système contenant des corpuscules indiscernables, s'il y a déterminisme des quantités de mouvement (ce qui exige qu'elles soient toutes égales), on ne peut effectuer simultanément la mesure des quantités de mouvement et la mesure des positions (excepté si tous les corpuscules indiscernables sont au même point).*

D'autre part on établit que *la possibilité ou l'impossibilité des mesures simultanées de deux grandeurs* A *et* B *pour un certain système* S *ne dépend*

---

[1] Séance du 13 mars 1939.

pas du résultat des mesures. Par suite si dans un cas la mesure simultanée est impossible, elle l'est dans tous les cas. Il s'ensuit que *la mesure simultanée des quantités de mouvement et des positions des corpuscules indiscernables appartenant à un système* S *est impossible.* Appelons *déterminisme mécanique* le cas où il y a à la fois déterminisme des positions et déterminisme des quantités de mouvement; les théorèmes précédents entraînent qu'*il ne peut y avoir déterminisme mécanique pour un système physique contenant des corpuscules indiscernables.*

3. Ces résultats concernant les systèmes contenant des corpuscules indiscernables ont pour conséquence que *le mouvement d'un corpuscule unique n'obéit pas au déterminisme mécanique.* On ne peut mesurer simultanément sa quantité de mouvement et sa position. De là on établit pour un système quelconque, contenant ou non des corpuscules indiscernables, que son mouvement n'obéit en aucun cas au déterminisme mécanique; on ne peut mesurer simultanément la quantité de mouvement et la position d'un corpuscule du système.

De ce fait, on ne peut énoncer simultanément une proposition sur la valeur de la quantité de mouvement et une sur la position; il est nécessaire de modifier les lois sur le produit logique et d'employer une logique que nous avons définie antérieurement ([2]).

Désignons par σ_x, σ_{v_x}, σ_{p_x} les écarts types respectivement de la coordonnée x, de la composante v_x de la vitesse et p_x de la quantité de mouvement. Les théorèmes précédents entraînent que

$$\sigma_x + \tau\sigma_{v_x} > 0; \qquad \sigma_x + \frac{\tau}{u}\sigma_{p_x} > 0,$$

l'égalité étant exclue. Soient a et b des nombres positifs ou nuls. On aura

$$\sigma_x \tau\sigma_{v_x} \geqq a; \qquad \sigma_x \frac{\tau}{u}\sigma_{p_x} \geqq b.$$

Pour retrouver les relations de Heisenberg il faut poser un postulat, d'après lequel b est indépendant des constantes caractérisant les corpuscules et égal à $h/4\pi$.

Conclusion. — L'indiscernabilité, c'est-à-dire le renoncement à l'individualité des corpuscules (préconisé par M. Langevin), entraîne l'indéterminisme. Ainsi l'on peut considérer l'indéterminisme, non comme une conséquence des quanta, mais comme une conséquence de l'indiscernabilité.

([2]) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 481 et 958.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les caractéristiques des équations du photon.* Note de M. **Georges Biben**, présentée par M. Louis de Broglie.

Si la recherche de l'équation de la surface caractéristique ou onde, au sens de M. Hadamard, d'une équation aux dérivées partielles du second ordre est aisée, des difficultés se présentent lorsque l'on veut en aborder l'étude dans le cas des systèmes d'équations aux dérivées partielles du premier ordre.

M. Racah ([1]), puis moi-même indépendamment, avons trouvé en appliquant un procédé de calcul indiqué par M. Levi-Cività ([2]), l'équation de la surface caractéristique du système d'équations de M. Dirac, à savoir

$$G(x, y, z, t) = P_1^2 + P_2^2 + P_3^2 - \frac{1}{c^2} P_4^2 = 0$$

avec

$$P_1 = \frac{\partial G}{\partial x}, \qquad P_2 = \frac{\partial G}{\partial y}, \qquad P_3 = \frac{\partial G}{\partial z}, \qquad P_4 = \frac{\partial G}{\partial t},$$

qui est aussi, comme il fallait s'y attendre, l'équation de la caractéristique de l'équation de Gordon.

J'étends dans ce travail la méthode aux deux systèmes d'équations du photon.

Ecrivons les équations du photon

$$\text{(I)} \quad \frac{1}{c}\frac{\partial \Phi_{ik}}{\partial t} = \left[\left(\frac{\mathcal{A}_1 + \mathcal{B}_1}{2}\right)\frac{\partial}{\partial x} + \left(\frac{\mathcal{A}_2 + \mathcal{B}_2}{2}\right)\frac{\partial}{\partial y} + \left(\frac{\mathcal{A}_3 + \mathcal{B}_3}{2}\right)\frac{\partial}{\partial z} + x\mu_0 c\left(\frac{\mathcal{A}_4 + \mathcal{B}_4}{2}\right)\right]\Phi_{ik},$$

$$\text{(II)} \quad 0 = \left[\left(\frac{\mathcal{A}_1 - \mathcal{B}_1}{2}\right)\frac{\partial}{\partial x} + \left(\frac{\mathcal{A}_2 - \mathcal{B}_2}{2}\right)\frac{\partial}{\partial y} + \left(\frac{\mathcal{A}_3 - \mathcal{B}_3}{2}\right)\frac{\partial}{\partial z} + x\mu_0 c\left(\frac{\mathcal{A}_4 - \mathcal{B}_4}{2}\right)\right]\Phi_{ik},$$

sous la forme explicite (j'écris seulement la première équation de chaque système)

$$\text{(I')} \quad \begin{cases} \frac{1}{c}\frac{\partial \Phi_{ik}}{\partial t} = \frac{1}{2}\frac{\partial \Phi_{41}}{\partial x} + \frac{1}{2}\frac{\partial \Phi_{14}}{\partial x} + \frac{i}{2}\frac{\partial \Phi_{41}}{\partial y} - \frac{i}{2}\frac{\partial \Phi_{14}}{\partial y} + \frac{1}{2}\frac{\partial \Phi_{13}}{\partial z} + \frac{1}{2}\frac{\partial \Phi_{31}}{\partial z} - x\mu_0 c \Phi_{11}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots; \end{cases}$$

$$\text{(II')} \quad \begin{cases} 0 = \frac{1}{2}\frac{\partial \Phi_{41}}{\partial x} - \frac{1}{2}\frac{\partial \Phi_{14}}{\partial x} + \frac{i}{2}\frac{\partial \Phi_{41}}{\partial y} + \frac{i}{2}\frac{\partial \Phi_{14}}{\partial y} + \frac{1}{2}\frac{\partial \Phi_{31}}{\partial z} - \frac{1}{2}\frac{\partial \Phi_{13}}{\partial z}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{cases}$$

([1]) *Rend. Accad. Lincei*, 6, vol. XIII, p. 424-427.

([2]) *Caractéristiques des systèmes différentiels et propagation des ondes* (traduit de l'italien par M. Brelot, Paris, Librairie Alcan).

Soit $G_1(x, y, z, t)$ l'équation de la caractéristique du système (I'); en posant

$$P_1 = \frac{\partial G}{\partial x}, \qquad P_2 = \frac{\partial G}{\partial y}, \qquad P_3 = \frac{\partial G}{\partial z}, \qquad P_4 = \frac{\partial G}{\partial t}.$$

On trouve, après un calcul assez long,

$$G_1(x, y, z, t) = (2^{16})\left(\frac{P_4}{c}\right)^8\left[\frac{1}{c^2}P_4^2 - P_1^2 - P_2^2 - P_3^2\right] = 0,$$

ce qui donne, soit $P_4 = 0$, soit alors

$$\frac{1}{c^2}P_4^2 - P_1^2 - P_2^2 - P_3^2 = 0,$$

qui représente l'onde lumineuse.

Le même calcul appliqué au système (II') donne

$$G_2(x, y, z, t) \equiv 0,$$

qui nous montre qu'il n'y a pas propagation d'onde.

Ces résultats peuvent s'interpréter comme étant une justification du théorème de M. L. de Broglie sur la compatibilité des systèmes (I) et (II).

De plus ils nous montrent que seul le système I représente, ainsi que l'avait déjà admis M. de Broglie dans *Une nouvelle conception de la lumière*, l'équation formelle du photon.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la masse du mésoton et des autres particules élémentaires*. Note de MM. **A. Proca** et **S. Goudsmit**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le processus de correspondance, extrêmement fécond, qui a donné naissance à la notion de spin des particules élémentaires, ne nous semble pas avoir été poussé jusqu'à la limite de ses conséquences logiques. En effet, par ce processus, on confère à une particule une seule des propriétés essentielles qui résultent, pour un corps macroscopique, de sa rotation, à savoir un moment cinétique. Or un pareil corps possède également, en vertu de sa rotation, une énergie supplémentaire; on est donc en droit de se demander si, pour des raisons de correspondance, une partie de l'énergie de la particule n'est pas due à la présence du spin et ne varie pas avec elle. Cette idée, généralisée, conduit aux suggestions suivantes, dont on trouvera une discussion dans un autre recueil.

Physiquement, une particule n'est pas complètement décrite uniquement par ses quatre coordonnées x^r et ses moments p_r. En une première approximation, nous achèverons cette description en donnant deux autres couples de variables canoniquement conjuguées (x^e, p_e) et (x^s, p_s) correspondant respectivement à la charge [1] et au spin. A cause des théorèmes de conservation, il est clair que ces grandeurs seront représentées *par les moments* p_e et p_s; nous supposerons p_e proportionnel à e et p_s proportionnel au spin sS, ou plutôt p_s^2 proportionnel à $s(s+1)S^2$. L'espace de configuration sera défini par l'intervalle élémentaire

$$ds^2 = \sum_1^4 (dx^r)^2 + \lambda_s(dx^s)^2 + \lambda_e(dx^e)^2.$$

Admettant que les trajectoires sont des géodésiques de cet espace, on obtient une mécanique des particules libres qui se raccorde avec la mécanique classique de la relativité pour des particules sans charge ni spin, de masse au repos μ_0.

Des raisonnements calqués sur ceux de la relativité restreinte permettent d'établir la formule qui donne la masse d'une particule au repos :

$$M^2 = \mu_0^2 - s(s+1)\frac{S^2}{\lambda_s c^2} - \frac{p_e^2}{\lambda_e c^2}, \tag{1}$$

μ_0, masse *matérielle*, vraie (celle d'une particule sans spin ni charge); M, masse *apparente* (celle qu'on mesure et qui est telle que $Mc^2 = p_0$ représente l'énergie propre).

D'après cette formule, la masse mesurée se compose d'une contribution matérielle, d'une contribution du spin, et d'une troisième contribution due à la charge (auxquelles s'ajoute une quatrième due à l'énergie cinétique, c'est-à-dire à la vitesse, si celle-ci n'est pas nulle). Deux particules identiques, mais différemment chargées doivent avoir, d'après cette formule, des masses différentes; cela rend compte du fait que le proton et le neutron n'ont pas la même masse. Cette formule permet aussi de donner un critérium différenciant les particules lourdes des particules légères. En effet, il semble bien établi aujourd'hui qu'un électron perd absolument toute individualité dans le noyau; cela suggère que pour les particules légères $\mu_0 = 0$ et pour les particules lourdes $\mu_0 \neq 0$.

---

[1] Suivant une idée très féconde, développée par O. Klein.

La masse de l'électron serait due exclusivement à la charge et à son spin; lorsque ces éléments sont cédés au noyau, l'électron s'évanouit, et accuse ainsi l'analogie avec le photon à laquelle nous a habitué la théorie de Fermi. La formule des particules légères s'écrit donc

$$(2) \qquad m^2 = -\frac{s(s+1)S^2}{\lambda_s c^2} - \frac{p_e^2}{\lambda_e c^2}.$$

Les hypothèses précédentes sont très générales; il est d'autant plus curieux de constater qu'elles conduisent, dans le cas du mésoton, à une coïncidence inattendue. En appliquant (1) et (2) au proton ($s=1/2$, $M_P = 1{,}00813$ unités atomiques), au neutron ($s=1/2$, $M_N = 1{,}00897$), à l'électron ($s=1/2$, $m_e = 0{,}000548$) et au mésoton ($s=1$, $m_Y = ?$), on déduit que la masse du mésoton est du même ordre que celle de la particule de Yukawa

$$m_Y \sim 100\, m_e \quad (^2).$$

En fait, d'après cette théorie, la masse du mésoton serait donnée, en fonction de celles du proton, du neutron et de l'électron par la relation

$$m_Y = \sqrt{\frac{5(M_N^2 - M_P^2) + 8 m_e^2}{3}}.$$

Cette théorie réduit donc la diversité des masses élémentaires connues à une seule masse fondamentale, de nature matérielle, μ_0, ayant une valeur intermédiaire entre la masse du neutron et celle du proton.

Le neutrino ne trouve pas de place dans la théorie; celle-ci ne peut pas

---

(2) Cette valeur calculée pour $s=1$ coïncide avec celle que Yukawa avait cru pouvoir déduire des forces nucléaires. Pour le mésoton présent dans le rayonnement cosmique, les expérimentateurs penchent aujourd'hui plutôt pour la valeur $200\, m_e$. On ne peut cependant pas opposer cette conclusion au résultat théorique, d'une part parce que les mesures ne sont pas encore suffisamment précises et, d'autre part, parce que l'on ignore absolument quel est le spin de la particule du rayonnement cosmique. A ce sujet, quand on examine les résultats des diverses mesures, on ne peut pas ne pas être frappé par l'*énorme dispersion* de ces résultats expérimentaux, qui ne semblent pas converger vers une valeur unique. Cette dispersion est beaucoup plus grande que les limites d'erreur admises. Elle peut naturellement être due à l'impossibilité de faire des mesures exactes; on pourrait cependant hasarder l'hypothèse que dans le rayonnement cosmique, on trouve en réalité *tout un spectre* de mésotons, différant par leur masse, donc, d'après la théorie précédente, par leur spin. La variété la plus fréquente serait celle de spin 2, dont la masse est précisément $200\, m_e$.

expliquer, sous sa forme actuelle, à la fois le fait que $M_{Neutron} > M_{Proton}$ et que $m_{neutrino} < m_{électron}$. De même, l'existence de la particule manquante de charge e et de spin nul est interdite.

Il est cependant évident que la forme actuelle de la théorie est incomplète, non seulement parce qu'on ne tient pas compte de la quantification, mais aussi et surtout parce qu'on n'introduit certainement pas *toutes* les coordonnées nouvelles nécessaires à la description des particules, parce qu'on n'examine qu'une *projection* de l'Univers total.

ÉLECTROLYSE. — *Étude polarographique des électrodes inaltérables polies. Analogie de structure d'une surface de Beilby et de la surface du mercure liquide.* Note de M. **Félix-Jean Taboury**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons signalé ([1]) la grande résistance du contact métal poli-électrolyte. Par la suite, cette propriété nous a permis d'effectuer par voie électrostatique une étude de la zone de passage électrolyte-métal poli ([2]). Nous avons utilisé pour cela de petites électrodes formées d'un fil métallique soudé au verre, sectionné au ras de celui-ci, et poli. Plusieurs métaux ont été ainsi étudiés et tout spécialement le platine.

Le montage polarographique classique nous a rendu possible l'étude de ces propriétés dans un domaine différent. La méthode électrostatique citée plus haut était caractérisée par la faible énergie empruntée au système pour les mesures, mais ne permettait pas de soumettre la zone de passage à des tensions supérieures à $\pm$ 0,2 volt environ. Le polarographe permet au contraire de la soumettre à des tensions pouvant atteindre 2,5 volts et d'étudier l'énergie absorbée.

Les résultats ainsi obtenus sont caractérisés dans leur ensemble par la grande analogie qu'ils présentent avec ceux que fournit l'électrode à gouttes de mercure ([3]).

1° Lorsque l'on se sert d'une micro-électrode polie comme cathode et d'une grande lame de platine comme anode, on obtient des polarogrammes caractérisant l'électrolyte, très voisins de ceux que fournit l'électrode à gouttes. C'est ainsi que l'on retrouve pour la décharge des ions Cd'', NH'_4,

([1]) A. Grumbach et F. J. Taboury, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1178.
([2]) F. J. Taboury, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1953, et 207, 1938, p. 138.
([3]) J. Heyrovsky, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1044.

Ca'' les mêmes tensions qu'avec le mercure. De faibles teneurs entraînent l'apparition d'un courant de saturation dont la valeur est liée à la concentration. L'ion Cd'' en solution ammoniacale et en présence de sulfite de soude est ainsi décelable jusqu'à des teneurs de l'ordre de 10^{-7} N. On enregistre vers 1,3 volt une légère augmentation de courant que l'on ne rencontre pas avec le mercure dans les conditions ordinaires. Ce phénomène doit être dû à une légère décharge des ions H.

2° Les diagrammes obtenus avec l'électrode polie comme anode ressemblent aux diagrammes cathodiques. L'intensité très faible au début subit un accroissement rapide d'allure exponentielle pour une tension caractérisant l'anion et sa concentration. Contrairement au cas du mercure, aucune précaution n'a besoin d'être prise avec l'électrolyte pour réduire le courant initial qui est toujours très faible. Les solutions aqueuses étendues donnent en général une *vague* aux environs de 1,1 volt, limitant les enregistrements à grande sensibilité. Cette *vague* semble être la même que celle qui a été signalée avec l'électrode à gouttes et attribuée à la dissolution du mercure (4). On ne peut songer ici à une attaque du platine, car l'électrode ne perd pas son poli même après un grand nombre d'électrolyses de ce genre. Il faut probablement envisager une réaction du solvant et de ses ions OH. Ainsi un acide presque anhydre comme l'acide sulfurique concentré ne donne rien de semblable et l'intensité reste négligeable jusque vers 2 volts. En dessous du seuil présenté par les solutions aqueuses étendues, on a observé les seuils des ions Cl', Br' aux mêmes places que celles qui ont été signalées avec l'électrode à gouttes (4). Celui de l'anion SO_3'' est situé vers 0,3 volt.

L'analogie des résultats fournis par ces deux types d'électrodes conduit à chercher entre elles une similitude de structure. A ce sujet, une hypothèse a déjà été formulée par Beilby (5), suivant laquelle la surface polie d'un métal aurait une constitution amorphe semblable à celle d'un liquide. Ce point de vue a été justifié par French (6) et d'autres, grâce à l'analyse électronique. On est donc en droit de penser que la nature de la surface des électrodes est un facteur fondamental dans leur fonctionnement. Nous avons d'ailleurs déjà montré que les propriétés des électrodes polies ne se retrouvent pas dans le cas des électrodes dont la surface microcristalline a

(4) J. Revenda, *Coll. Trav. Ch. Tchéco.*, 6, 1934, p. 453.

(5) *Aggregation and flow of solids*. London, 1921.

(6) *Proc. Roy. Soc.*, A, 140, 1933, p. 637.

été obtenue par fusion et refroidissement avant chaque opération ([1]). L'étude polarographique de ces dernières montre qu'elles laissent passer une grande intensité de courant même à très basse tension.

OPTIQUE. — *Distance maxima de visibilité distincte au travers d'un milieu trouble.* Note ([1]) de M. **André Marcelin**, présentée par M. Jean Perrin.

L'expérience montre que les détails d'un objet immergé dans un liquide trouble n'apparaissent que si cet objet est voisin de la surface. Pour prendre un exemple concret, considérons une suspension de grains de gomme-gutte sphériques calibrés mesurant chacun $0^{\mu},5$ de diamètre, précipités par l'eau dans une solution alcoolique, puis sélectionnés par centrifugation. Immergeons dans cette solution, parallèlement à la surface, une plaque métallique sur laquelle est gravé un trait. Lorsque la profondeur d'immersion augmente, le trait, d'abord visible avec netteté, devient flou, puis enfin disparaît. Si, au lieu d'un trait, la lame métallique porte deux traits voisins et parallèles, ceux-ci, bien que flous, sont distingués si la plaque métallique est proche de la surface. Plus les traits sont rapprochés, plus la profondeur d'immersion doit être faible pour que les traits soient distincts. Bref on peut, pour un test objet donné consistant, par exemple, en une série de traits parallèles, caractériser une suspension par la profondeur maxima d'immersion du test telle que les traits du réseau soient distincts et susceptibles d'être comptés. La même caractérisation s'appliquerait à un brouillard au travers duquel on s'efforcerait de compter les barreaux d'une grille.

J'ai construit sur ce principe un appareil destiné à l'examen de suspensions très denses. L'appareil se compose essentiellement (*fig.* 1) d'une platine P solidaire d'un socle S, sur lequel sont gravés des traits parallèles à $1/2^{mm}$ les uns des autres, et d'une grosse lentille L, hémisphérique, qui joue le double rôle de condenseur et de loupe, et dont la face plane vient s'appliquer contre la platine, lorsqu'on visse à fond la monture de la lentille sur le socle. Un dispositif d'éclairage approprié complète l'appareil.

Une grosse goutte de la suspension est déposée sur la platine, et l'on

([1]) Séance du 13 mars 1939.

écrase cette goutte, progressivement, jusqu'à ce que les traits du réseau apparaissent distincts, au point qu'on puisse les compter; en dévissant alors légèrement la lentille, on brouille le réseau; en la revissant on fait réapparaître les traits; l'observation est précise. L'épaisseur de la couche liquide comprise entre la surface plane de la lentille et le réseau mesure alors la distance maxima de visibilité distincte au travers de la suspension.

On vérifie que les lectures faites par plusieurs observateurs sont concor-

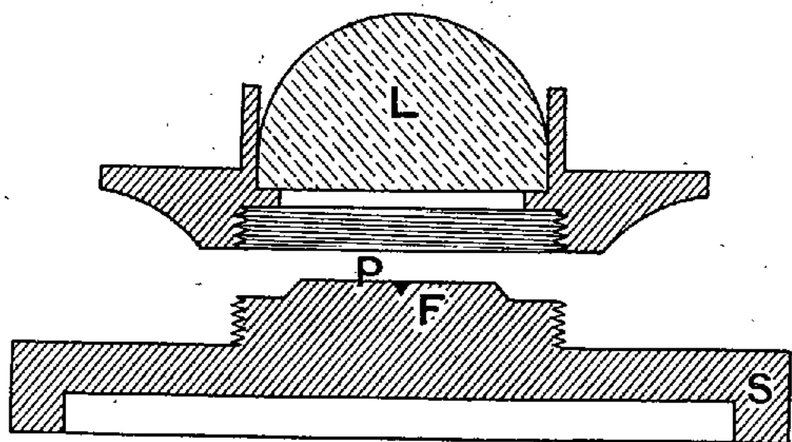


Fig. 1.

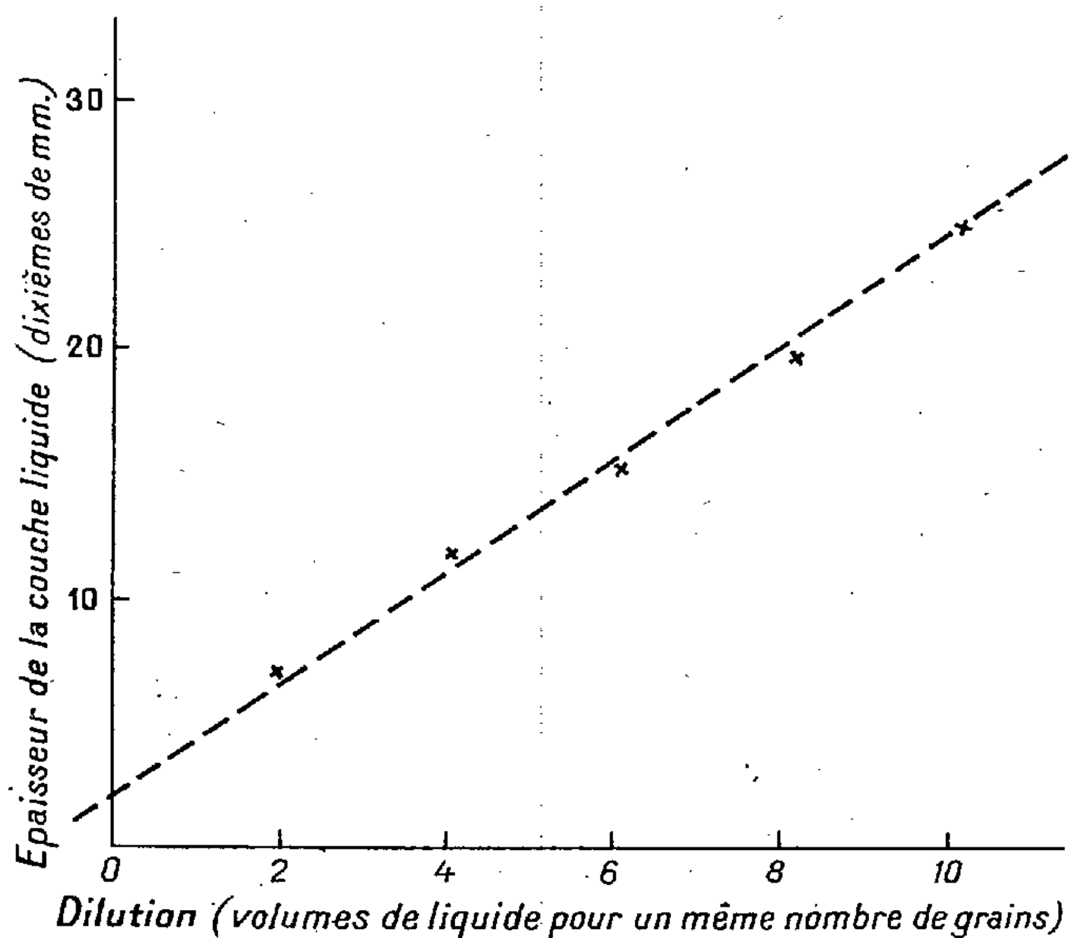


Fig. 2.

dantes, et qu'elles sont indépendantes de l'intensité de l'éclairage, à la condition que celui-ci soit suffisant.

Des suspensions de titres divers ont été préparées par dilution de la suspension mère, à 2, 4, 6, 8 et 10 fois son volume initial; j'ai trouvé, pour les épaisseurs maxima de liquide au travers desquels les traits étaient distincts, 8, 13,5, 18, 23 et 29 dixièmes de millimètre. La courbe obtenue en portant en abscisses les dilutions et en ordonnées ces épaisseurs est une droite qui coupe l'axe des ordonnées un peu en dessus de l'origine (ceci en raison sans doute du volume occupé par les grains dans le liquide) (*fig.* 2).

Ce résultat est confirmé pour une suspension de grains de gomme-gutte de 5^{μ}, et pour une huile de vidange prélevée dans un carter de moteur (goudrons et carbone en suspension) étendue progressivement avec de l'huile neuve. Dans les trois cas, on peut conclure que :

Le trouble de la visibilité au travers d'une suspension comprenant une certaine espèce de grains (diffusion de la lumière à partir de centres multiples) ne dépend que du nombre de ces grains et est indépendant de leur dilution.

Dans le cas des solutions, on savait déjà que l'*absorption* de la lumière par les molécules dissoutes ne dépend que du nombre de ces molécules et qu'elle est indépendante de leur dilution (loi de Beer). Le rapprochement s'impose.

La distance maxima de visibilité distincte au travers d'une suspension étant fonction de l'écartement des traits du réseau auquel il se rapporte, j'ai fait graver, pour étudier l'influence de ce facteur, quatre réseaux comportant respectivement 14, 18, 29 et 50 traits identiques au millimètre. Pour une même suspension de grains de gomme-gutte, les épaisseurs de la couche liquide au travers de laquelle les traits pouvaient être séparés ont été respectivement de 55, 50, 45 et 35 dixièmes de millimètre. Ces épaisseurs sont sensiblement en raison inverse des nombres de traits, tout au moins pour les réseaux à traits rapprochés comportant de 20 à 50 traits au millimètre.

Il est à prévoir, et il se vérifie, que la coloration du liquide, comme l'intensité de la lumière, est sans influence sur la distance maxima de visibilité distincte au travers d'une suspension. Cette remarque justifie l'application de cette caractérisation aux huiles polluées prélevées dans les carters des moteurs à combustion interne.

PHOSPHORESCENCE. — *Influence du champ électrique sur la forme des bandes d'émission en électrophotoluminescence.* Note [1] de MM. **G. Destriau** et **Loudette**, présentée par M. Jean Perrin.

L'un de nous a signalé [2] que parmi les actions des champs électriques sur les composés photoluminescents, il était notamment possible d'exciter la luminescence sous la seule action des champs électriques variables intenses. L'observation des spectres émis lors de l'excitation en champ sinusoïdal révélait une légère déformation de la bande d'émission (bande α).

---

[1] Séance du 13 mars 1939.

[2] G. Destriau, *Journ. Chim. Phys.*, 34, 1937, p. 117, 327 et 462; *Soc. franç. Chim. Phys.*, Paris, 1938; *Soc. Sci. Phys. et Nat. de Bordeaux*, 1937; *Trans. of the Far. Sty.*, 35, 1939, p. 227.

Nous nous sommes proposé d'étudier quantitativement cette déformation. Nous avons conservé le dispositif expérimental qui consiste à placer la substance luminescente dans l'huile entre deux électrodes planes dont l'une est transparente, les cellules ainsi constituées étant soumises à des tensions sinusoïdales de fréquence 50 périodes.

On a montré que, dans ces conditions, la loi reliant l'intensité de l'émission I à la tension efficace appliquée V est de la forme

$$I = A e^{-\frac{B}{V}}.$$

Si, dans une même bande d'émission, le coefficient B est indépendant de la longueur d'onde, les modifications de tension ne produiront aucune déformation de cette bande, mais si le coefficient B dépend au contraire de la longueur d'onde, la bande se déformera régulièrement, le maximum se déplaçant vers les régions à B élevé, à mesure qu'on augmentera la tension. Tout revient donc à déterminer pour une même bande les valeurs de B dans différentes régions spectrales.

A cet effet nous avons utilisé un spectroscope à déviation constante dont la fente dans sa moitié supérieure est obturée par une feuille translucide éclairée par une lampe à argon disposée à distance variable. La lumière émise par la cellule est renvoyée sur la moitié inférieure de la fente à l'aide d'un prisme à réflexion totale. Grâce à ce dispositif on obtient à la fois l'un au-dessus de l'autre, d'une part, le spectre de luminescence en étude, d'autre part, le spectre de l'argon servant de référence. La fente est choisie assez large de manière à ce que les raies de l'argon soient suffisamment étalées pour permettre les comparaisons photométriques; pour faciliter ces dernières nous avons disposé dans le plan du micromètre un diaphragme rectangulaire étroit de manière à ne conserver dans le champ d'observation qu'une région spectrale réduite.

Dès lors, il suffit de construire les droites $\log I = f(1/V)$ dans les régions voisines des raies de l'argon; les coefficients angulaires de ces droites fournissant immédiatement les valeurs de B. Les variations d'éclairement de la feuille translucide sont obtenues par déplacement de la lampe à argon et l'on applique la loi de l'inverse du carré des distances.

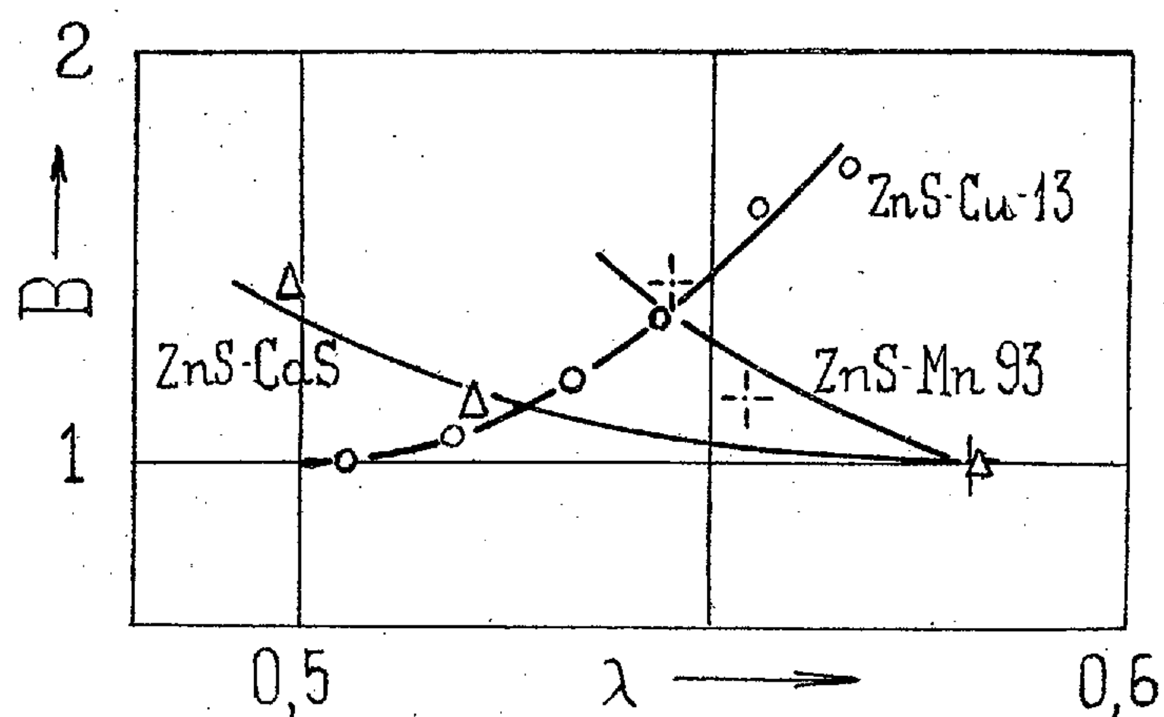
Afin d'éliminer l'erreur provenant de ce que les courbes $\log I = f(1/V)$ ne sont pas exactement des droites, mais présentent une très légère concavité vers le haut, nous nous sommes arrangés, en choisissant les feuilles translucides plus ou moins épaisses, de façon que toutes les mesures photo-

métriques relatives à une même bande d'émission soient effectuées toujours entre les mêmes limites de tension.

En ce qui concerne deux échantillons, l'un ZnS-Mn Guntz 93 et l'autre ZnS-CdS à 20 pour 100 de CdS, les résultats qualitatifs déjà signalés ont été confirmés, le coefficient B varie avec la longueur d'onde, il est plus fort aux courtes longueurs d'onde, d'où en accroissant la tension les bandes correspondantes se déforment, le maximum se déplaçant vers le violet.

Nous avons étudié de même la bande d'émission d'un sulfure de zinc à phosphorogène de cuivre Guntz 13 très sensible au champ mais peu phosphorescent et qui, de ce fait, avait été délaissé dans les premières mesures qualitatives signalées au début. Ici les variations de B se font en sens inverse, les plus grandes valeurs correspondant aux plus grandes longueurs d'onde et par suite le maximum se déplace ici vers le rouge à mesure qu'on accroît la tension.

L'ensemble de ces résultats est résumé sur les courbes de la figure qui donnent les variations de B pour les trois sulfures étudiés. Pour l'établissement de ces courbes on a pris pour unité de B dans chacune des bandes, le minimum observé.



RAYONS X. — *La diffusion des rayons X par les cristaux et les corps microcristallisés.* Note [1] de M. **André Guinier**, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous avons étudié, par la méthode photographique, la répartition en fonction de l'angle de diffusion, de l'intensité du rayonnement diffusé par un corps cristallisé traversé par un faisceau de rayons X monochromatiques (diffusion en dehors des directions de réflexion cristalline). Le montage utilisé, qui a déjà été décrit [2], permet d'avoir un faisceau monochromatique très intense et d'éliminer tout voile parasite sur le cliché. Le rayonnement primaire est constitué par le doublet Cu, $K_{\alpha_1\alpha_2}$ que notre monochromateur ne peut pas séparer. Les corps étudiés sont choisis de façon que les rayons X qu'ils émettent par fluorescence puissent être facilement séparés de la radiation diffusée, par un écran absorbant placé au contact de la pellicule. Cet écran arrête aussi le rayonnement de luminescence que certains cristaux émettent sous l'influence des rayons X; le diamant par exemple donne, outre une lumière verte, un rayonnement ultraviolet de courte longueur d'onde (absorbable par l'air).

Ce que nous avons mesuré est la somme des intensités de rayonnements de deux sortes : le rayonnement diffusé de Compton, dont la longueur d'onde est modifiée, et le rayonnement cohérent, de même longueur d'onde que le faisceau primaire; on admet généralement que ce rayonnement n'existe pas dans la diffusion par un cristal parfait, et qu'il est la conséquence des vibrations thermiques des atomes autour des nœuds du réseau cristallin. L'intensité diffusée est très faible : malgré l'intensité du faisceau primaire (les raies de diffraction normales apparaissent en quelques minutes de pose), il faut poser de 24 à 72 heures, pour que le fond du cliché ait une densité photographique mesurable.

D'après le microphotogramme du cliché, on peut déduire, après une correction pour l'absorption des rayons dans la substance, la variation du coefficient de diffusion aux différents angles. Pour trouver ce coefficient lui-même, il faut d'une part, comparer l'intensité diffusée à celle du faisceau direct, d'autre part mesurer la masse active de l'échantillon : en même

---

(1) Séance du 13 mars 1939.

(2) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1115; *Thèse*, Paris, 1939.

temps qu'on fait le diagramme de diffusion, on photographie le faisceau direct convenablement affaibli par un écran absorbant.

Nos mesures, limitées aux angles inférieurs à 45°, ont porté sur le carbone (diamant, cristal de graphite et graphite Acheson) et sur des métaux (aluminium, cuivre, argent, nickel, or). Les courbes reproduites ci-dessous donnent en fonction de l'angle de diffusion θ le nombre *n* d'élec-

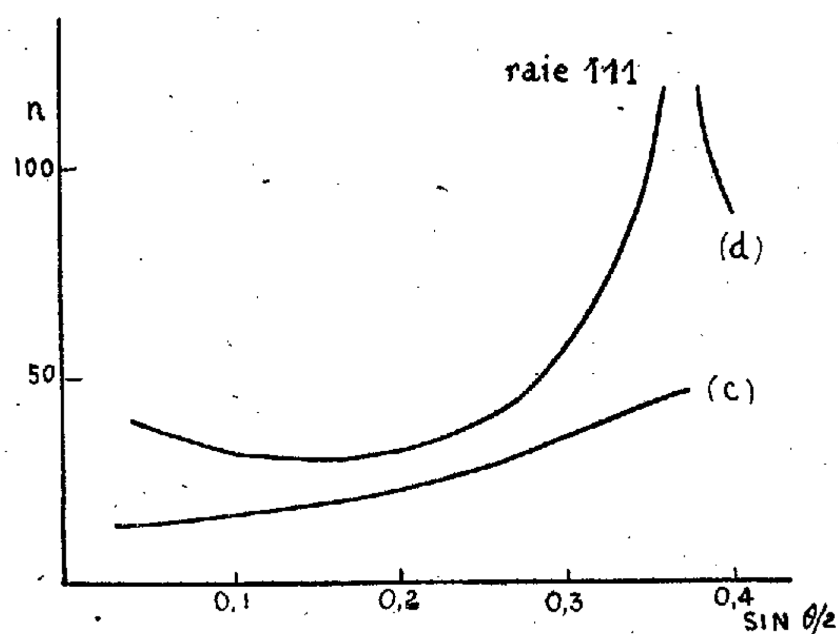


Fig. 1. — Diffusion par le carbone. *a*, diamant; *b*, cristal de graphite.

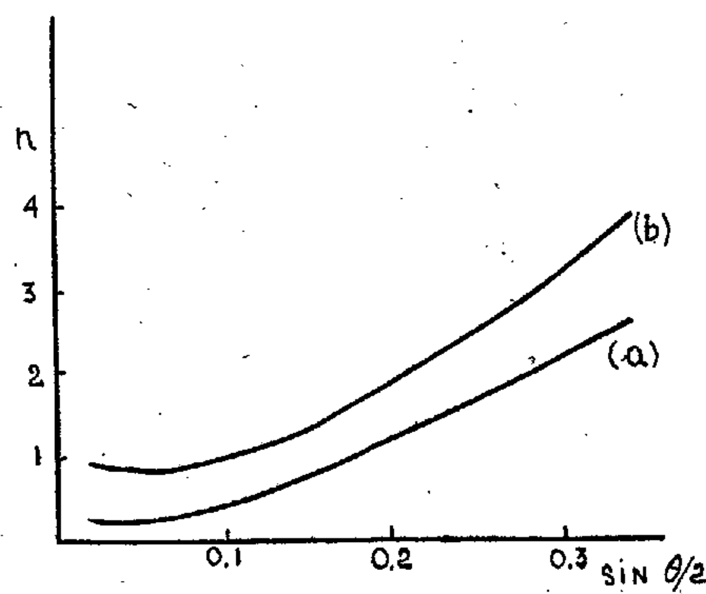


Fig. 2. — Diffusion par une feuille de cuivre *c*, recristallisée; *d*, laminée.

trons actifs dans le cas du carbone et du cuivre, c'est-à-dire le rapport de l'intensité mesurée rapportée à un atome à l'intensité diffusée par un électron d'après la formule de Thomson. Les résultats trouvés sont les suivants :

1° Nous n'avons pas observé de discontinuités dans la courbe de diffusion, qui soient supérieures aux irrégularités de l'enregistrement microphotométrique dues au grain de la pellicule (environ 5 pour 100). Dans certains clichés, des raies très faibles sont apparues en plus des raies de diffraction normales : elles sont en général dues à des impuretés (car elles disparaissent quand on change d'échantillon); toutefois, une raie très faible et proche de l'origine que donnent des échantillons très purs (argent, or, aluminium) peut s'interpréter comme le résultat de deux réflexions successives sur des plans d'indice différent de deux microcristaux distincts.

2° La diffusion augmente au voisinage des raies de diffraction ; ce résultat est en désaccord avec la théorie de Debye de la répartition de l'intensité de la diffusion cohérente ([3]). Mais Faxen avait prévu un tel effet, sans toutefois

([3]) *Ann. der Phys.*, 43, 1914, p. 49.

en donner la valeur ([4]). On a aussi trouvé cet effet dans la diffusion par des monocristaux ([5]).

3° La diffusion ne devient pas nulle aux très petits angles. L'intensité décroît d'abord avec l'angle, puis présente un palier à partir d'un angle variable avec l'échantillon; ce palier, court et d'ordonnée faible dans le cas du diamant, est plus long et plus élevé pour les métaux microcristallisés; ainsi il débute vers 25° dans le cas du cuivre laminé.

Ce résultat expérimental est en contradiction avec la théorie, d'après laquelle le rayonnement Compton, comme le rayonnement diffusé cohérent, doit s'annuler au voisinage de la direction du faisceau incident. Comme cette diffusion dépend de la texture cristalline du corps (carbone diamant et carbone graphite, cuivre écroui et cuivre recristallisé), on peut admettre qu'elle est due au rayonnement diffusé cohérent et non au rayonnement Compton. Il faudrait faire des expériences à différentes températures pour décider si cet effet est fonction de l'agitation thermique des atomes; mais il est certainement influencé par d'autres causes de perturbations du réseau cristallin : déformation par suite du manque de dureté dans le cas du graphite, écrouissage pour les métaux, et aussi présence d'atomes étrangers.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la notion de tension superficielle en physique nucléaire.* Note de M. **Jacques Solomon**, transmise par M. Paul Langevin.

Les recherches récentes sur la rupture des noyaux radioactifs provoquée par les neutrons nécessitent un nouvel examen de la notion de tension superficielle nucléaire ([1]). Cette notion a été introduite par Wick et Weizsäcker pour l'interprétation de la courbe des défauts de masse ([2]). Dans le modèle de la gouttelette liquide, l'existence d'une tension superficielle tient d'une part au fait (constituant l'analogue exact du cas des liquides) que l'énergie potentielle des particules voisines de la surface est différente de celle des particules situées à l'*intérieur* du noyau, et d'autre

---

([4]) *Ann. der Phys.*, 54, 1917, p. 615.

([5]) J. Laval, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 169.

([1]) J. Solomon, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 570.

([2]) C. G. Wick, *Nuovo Cim.*, 11, 1934, p. 227; C. F. von Weizsäcker, *Z. Physik.*, 96, 1935, p. 431.

part au fait que les règles de la mécanique quantique s'opposent à ce que les fonctions d'onde individuelles s'annulent brusquement à la surface de la sphère nucléaire. Les calculs précités ne tiennent compte que de la seconde origine de la tension superficielle et fournissent, à partir des données expérimentales sur les défauts de masse, avec le rayon nucléaire

$$R = 1,48.10^{-13} A^{\frac{1}{3}} \text{ cm}, \tag{1}$$

(A nombre de masse) pour énergie superficielle (en MV),

$$G = 13,2 A^{\frac{2}{3}}. \tag{2}$$

Les oscillations propres du noyau peuvent être assimilées aux vibrations d'une sphère fluide de tension superficielle donnée par (2), et les formules de Rayleigh pour le cas d'amplitudes petites vis-à-vis des dimensions nucléaires permettent de calculer les fréquences propres du noyau et la densité des niveaux pour les états excités.

Or la valeur (2) de l'énergie superficielle donne lieu à deux difficultés. Tout d'abord pour la densité des niveaux : l'écart moyen D des niveaux pour une énergie d'excitation U est donné par

$$D = 2,75 A^{-\frac{1}{7}} U \left(\frac{U_0}{U}\right)^{\frac{2}{7}} e^{-3,39 A^{\frac{2}{7}} \left(\frac{U}{U_0}\right)^{\frac{4}{7}}},$$

avec (M désignant la masse du proton)

$$U_0^2 = \frac{\hbar^2 G}{MR^2}. \tag{3}$$

De (1) et (2) on tire pour U_0 la valeur 17MV, ce qui donne une densité de niveaux beaucoup trop faible. Au contraire, on obtient un bon accord avec les résultats expérimentaux en prenant avec H.-A. Bethe [3] $U_0 = 10$MV.

D'autre part, si l'on veut interpréter les phénomènes de rupture provoquée des noyaux radioactifs comme liés à l'excitation d'une vibration particulière de la gouttelette liquide, il faut se passer de l'hypothèse que les oscillations sont infiniment petites et l'on peut raisonner comme suit : si S est la surface de la goutte au moment de la déformation maxima, on a

$$\frac{S}{4\pi R^2} = 1 + \frac{U}{G}; \tag{4}$$

([3]) *Rev. Modern Physics*, 9, 1937, p. 88 (en relation avec les *grands* rayons nucléaires qu'il introduit).

la rupture ne peut donc avoir lieu que si U est de l'ordre de G, c'est-à-dire avec la valeur (2) pour $A = 239$, $G = 500$ MV, ce qui est incompatible avec les faits expérimentaux.

On peut résoudre simultanément ces deux difficultés en distinguant une tension superficielle *statique* et une tension superficielle *dynamique*. En effet une proportion très importante des protons se trouve à la *surface* du noyau, d'où dans le modèle de la gouttelette une pression électrostatique qui s'exerce en sens inverse de la tension superficielle ([4]). On tient naturellement compte de cette énergie électrostatique dans le calcul des défauts de masse, mais il paraît raisonnable de tenir compte de façon spéciale de son influence sur les vibrations propres, cela revient à diminuer l'énergie G qui intervient dans (3) et (4) d'une fraction θ de l'énergie électrostatique $3Z^2e^2/5R$.

Dans ces conditions, il suffit de prendre $\theta = 0,39$ pour retrouver la valeur de U_0 indiquée par Bethe, c'est-à-dire une valeur correcte de l'écartement des niveaux. De plus dans (4) l'énergie nécessaire pour une déformation importante devient beaucoup plus faible, en accord avec l'expérience. La valeur de θ ne pourrait être déduite que d'un modèle plus précis que celui utilisé jusqu'ici.

On remarquera que, lorsque la déformation est importante, l'énergie superficielle ne peut plus être considérée comme constante, la portée des forces interparticulaires pouvant être du même ordre que l'épaisseur du noyau dans la direction de déformation maxima, ce qui amène la rupture.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Émission de neutrons lors de la rupture provoquée du noyau d'uranium. Possibilité de réaction par chaîne.* Note de MM. **Charles Haenny** et **Albert Rosenberg**, présentée par M. Jean Perrin.

Le rapport des neutrons aux protons dans les noyaux atomiques étant d'autant plus grand que le numéro atomique est plus élevé, il est naturel que par la scission provoquée ([1]) du noyau d'uranium, il puisse y avoir une émission de neutrons rendue possible par des énergies d'excitation suffisamment élevées. Cette éventualité, immédiatement entrevue par F. Joliot,

---

([4]) L. Meitner et O. Frisch, *Nature*, 143, 1939, p. 239.

([1]) F. Joliot, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 341.

a été tout récemment vérifiée à l'aide de mesures d'activation par von Halban, F. Joliot et Lew Kovarski (2).

Chaque neutron absorbé par un noyau d'uranium et provoquant sa rupture pourrait conduire à l'émission de plusieurs neutrons, et l'on conçoit facilement que, dans ces conditions, une source de neutrons placée au centre d'une quantité suffisante d'uranium, devra non plus s'affaiblir pour un observateur extérieur, au fur et à mesure que la couche s'accroîtra, mais au contraire augmenter de plus en plus.

C'est ce que nous avons pu constater dans diverses conditions en utilisant une chambre d'ionisation à hexane (3), instrument de mesure des neutrons rapides, insensible aux neutrons très lents et par ailleurs relativement peu affecté par le rayonnement gamma.

Étudiant à l'aide de cet appareil l'absorption des neutrons par l'urane, nous avions observé, il y a quelque temps, que les neutrons émis par une faible source de Po — Be ne paraissaient pas être absorbés par du nitrate d'uranyle, les neutrons secondaires agissant en compensant l'effet des neutrons primaires absorbés.

Cette même expérience, réalisée ensuite dans de meilleures conditions géométriques avec une source plus forte et surtout des quantités d'uranium beaucoup plus considérables (14^{kg} d'oxyde vert, U^3O^8), nous a alors conduits à l'observation d'un important accroissement du rayonnement de neutrons.

Dans les conditions où nous avons opéré, la source de 10 mc (Rn + Be) étant entourée de 8^{cm} d'oxyde U^3O^8, on observe une augmentation de 20 pour 100 de l'effet produit par les neutrons sur la chambre d'ionisation au lieu d'une diminution qui devrait être de 5 pour 100 si l'on admet une section efficace de capture de 5.10^{-5} cm^2.

Nous nous sommes tout d'abord assurés que la majeure partie de cet accroissement était bien due à des neutrons en utilisant d'une manière appropriée des écrans de paraffine et de cadmium.

Dans ces expériences, l'effet du rayonnement gamma de la source (Rn + Be) a été atténué par des écrans de plomb de 5^{cm} tout autour de la source et de 10^{cm} en direction de la chambre d'ionisation. Les neutrons primaires ont été partiellement ralentis par un écran cylindrique de paraffine de 4^{cm} d'épaisseur.

(2) *Nature*, 143, 18 mars 1939, p. 470.

(3) L. Goldstein et A. Rogozinski, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 835.

Cet usage de l'uranium donne ainsi le moyen, par suite de réaction en chaîne (dont la possibilité avait été également envisagée par von Halban, F. Joliot et L. Kovarski, *loc. cit.*), d'accroître considérablement l'intensité de faibles sources de neutrons, qui deviendraient l'origine de sources importantes facilement réalisables dans les laboratoires.

On peut aller plus loin et considérer que de faibles sources pourraient prendre le rôle d'amorce à une réaction qui deviendrait catastrophique pour de très grandes quantités d'uranium.

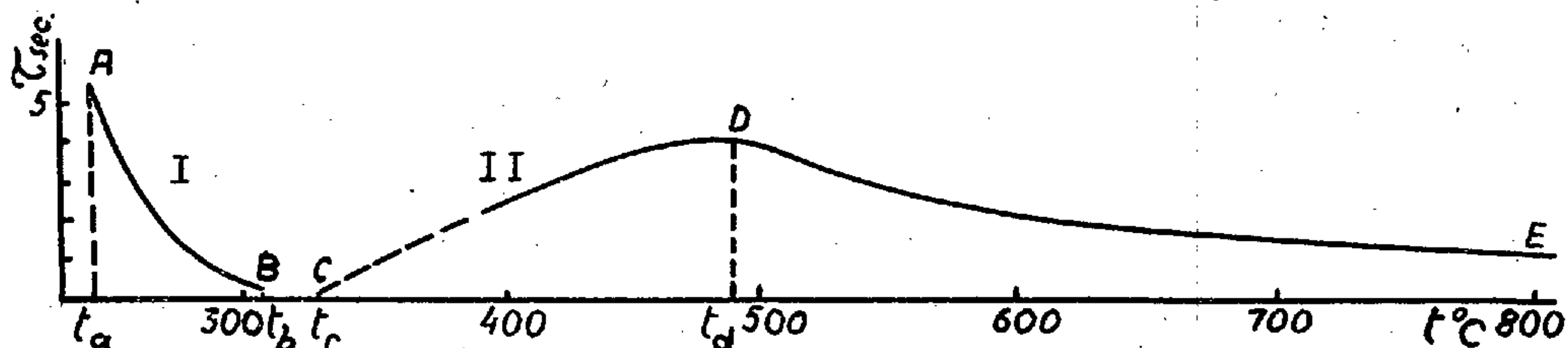
De semblables réactions par chaînes, avant d'être catastrophiques, pourront devenir des sources d'énergie, rendant utilisables les réserves immenses d'énergie nucléaire jusqu'à maintenant peu accessibles.

Ces réactions seront alors capables de donner lieu à la formation de quantités pondérables d'éléments obtenus par transmutation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action du contact d'une surface métallique surchauffée sur quelques substances explosives.* Note (1) de MM. **T. Urbansky** et **Rychter.**

Si l'on projette des cristaux de certains explosifs fusibles sur une surface métallique chauffée au rouge, c'est-à-dire bien au-dessus de la *température d'inflammation* de la matière explosive, on remarque que celle-ci prend l'état sphéroïdal (effet de caléfaction); cet état a pour conséquence un certain retard à l'inflammation.

On peut traduire ces observations en portant en abscisse la tempéra-



ture t, en ordonnée le *temps d'induction* τ qui s'écoule entre le premier contact et l'apparition de la flamme de l'explosion. La courbe ci-dessus a été tracée pour la penthrite. On y remarque deux portions distinctes.

(1) Séance du 3 mars 1939.

La portion I commence en A, à la température minima t_a qui puisse provoquer l'inflammation dans les conditions de nos expériences; une température plus basse ne donne que la décomposition non explosive. Le point β correspond à une température t_b qui provoque une explosion immédiate. Le même effet a lieu pour toutes les températures au-dessus de t_b jusqu'à t_c.

A partir de cette température (courbe II) la substance prend la forme sphéroïdale et ne s'enflamme qu'après un certain temps. La durée d'existence du sphéroïde prend une valeur maxima à la température t_d (²). Voici les principaux résultats obtenus en utilisant comme surface chaude une coupelle de platine chauffée électriquement.

Substances.	Poids des échantillons.	t_a.	t_b.	t_c.	t_d.	τ (à la température t_d).
	g	°	°	°	°	
Penthrite	0,024	240	310	330	490	4,4 secondes
Nitroglycérine	0,032	215	250	420	470	2,0 »
Nitroérythrite	0,024	220	450	460	470	2,7 »
Tolite	0,024	390	450	460	530	2,2 »
NH^4NO^3	0,022	340	440	450	550	48,0 »

Il est très intéressant de noter le fait suivant :

La nitroglycérine et la nitroérythrite diffèrent des autres substances essayées par leur comportement aux températures inférieures qui ne provoquent pas la production de l'état sphéroïdal : entre t_a et t_c, on observe en effet une décomposition violente, rappelant une détonation. Les autres matières explosives donnent, dans les mêmes conditions, une décomposition beaucoup plus lente, presque sans bruit, accompagnée seulement de l'apparition d'une flamme.

Toutes les substances, y compris la nitroglycérine et la nitroérythrite, se décomposent au-dessus de t_c *sans explosion* et sans bruit, et seulement avec apparition d'une flamme.

Il nous semble qu'il est possible (au moins partiellement) d'élucider la

(²) L'aspect général des courbes se rapproche de celui des courbes obtenues pour les différents liquides par SWIETOSLAWSKI et ses collaborateurs, H. BLASZKOWSKA, ZAKRZEWSKA, *Bull. Acad. Sci. Pol. Cracovie,* A, **188**, 1930; BLASZKOWSKA, *Roczn. Chem.,* **10**, 1930, p. 691; W. SWIETOSLAWSKI, S. BAKOWSKI et B. KARPINSKI, *Przem. Chem.,* **14**, 1936, p. 518.

cause de la différence entre l'influence des températures plus basses et plus hautes sur la nitroglycérine et la nitroérythrite.

Calculons l'énergie d'activation de ces substances en partant des courbes AB et DE, pour lesquelles on admet l'équation $\tau = c\,e^{E/RT}$:

	Énergie d'activation	
Substances.	E, entre t_a et t_b.	E_s, à l'état sphéroïdal.
Penthrite	22450	4550
Nitroglycérine	37400	4975
Nitroérythrite	33635	5745
Tolite	14000	8210
NH^4NO^3	18510	10460

L'énergie d'activation à l'état sphéroïdal, E_s, est donc nettement plus petite que l'énergie d'activation à l'état non sphéroïdal, et la différence est particulièrement nette dans le cas de la nitroglycérine et de la nitroérythrite.

Aux températures plus basses (entre t_a et t_b) l'énergie d'activation de ces explosifs est considérablement supérieure à celle des autres, et c'est probablement la cause de la détonation présentée par la nitroglycérine et la nitroérythrite dans ces limites de température.

Le processus de la décomposition des substances explosives dans le domaine $t_c - t_e$ est probablement le suivant : la matière fondue prend la forme sphéroïdale et la vapeur formée entre le sphéroïde et la surface métallique s'enflamme au contact de la paroi surchauffée.

Sous l'action de la flamme ainsi produite peut avoir lieu l'explosion du sphéroïde. Nous avons eu l'occasion d'établir que le sphéroïde lui-même ne donne pas toujours d'explosion dans ce cas; il peut rester intact et être projeté à l'extérieur de la coupelle chauffée.

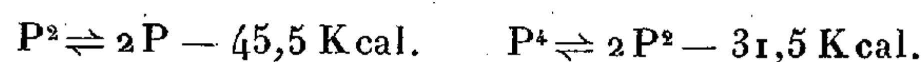
Nous pouvons supposer que la valeur très basse de l'énergie d'activation E_s est justement due à cette *résistance* que présente un explosif à l'état sphéroïdal. Cette faible valeur de E_s semble indiquer l'absence, entre t_c et t_e, de chaînes de réaction longues et ramifiées, qui peuvent exister entre t_a et t_c.

CHIMIE PHYSIQUE — *Sur l'équilibre* $P^4 \rightleftharpoons 2P^2$ *dans la vapeur du phosphore.* Note (1) de M. **Georges Wétroff**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'étude thermochimique que je poursuis actuellement sur les composés phospho-azotés, et en particulier l'examen des conditions de formation de la molécule PN (2), nécessite la connaissance de l'énergie mise en jeu au cours de la dissociation de la molécule tétra-atomique de phosphore.

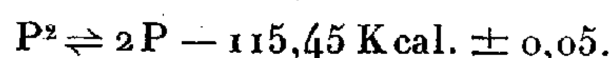
Si l'on recherche dans les travaux antérieurs l'énergie de dissociation de la molécule P^4 en molécules P^2, on trouve deux données pratiquement inconciliables, obtenues pourtant toutes les deux au moyen d'appareillages semblables et dans les mêmes conditions opératoires. En effet les déterminations de la densité de la vapeur du phosphore au moyen d'appareils à manomètres en quartz conduisent, d'après A. Stock, G. Gibson et E. Stamm (3), à admettre pour cette chaleur de dissociation —49,3 Kcal. à 1100° C., tandis que, suivant G. Preuner et I. Brockmöller (4), elle serait seulement de —31,5 Kcal. entre 800 et 1200°C.

J'ai essayé de résoudre cette contradiction en me rapportant aux mesures expérimentales elles-mêmes. Si l'on examine de près le travail de Preuner et Brockmöller, on constate que ces auteurs font intervenir deux réactions équilibrées superposées



$$P^2 \rightleftharpoons 2P - 45{,}5\ \text{Kcal.} \qquad P^4 \rightleftharpoons 2P^2 - 31{,}5\ \text{Kcal.}$$

Or il semble bien, comme on va le voir, que, dans le domaine des températures considérées, cette hypothèse ne soit guère valable; la valeur de —45,5 Kcal. apparaît en effet comme extraordinairement faible pour une scission de la molécule P^2 en atomes. L'étude du spectre de bandes des molécules biatomiques P^2 (5) fournit d'ailleurs un nombre bien plus élevé



$$P^2 \rightleftharpoons 2P - 115{,}45\ \text{Kcal.} \pm 0{,}05.$$

En partant de cette dernière valeur, l'application de la formule simplifiée de Nernst m'a permis de conclure que, même dans les conditions les plus

(1) Séance du 13 mars 1939.

(2) H. Moureu et G. Wétroff, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 915.

(3) *Ber. deuts. chem. Ges.*, 45, 1912, p. 3527.

(4) *Physik. Chemie*, 81, 1913, p. 129.

(5) G. Herzberg, *Annalen der Physik*, 15, 1932, p. 677.

favorables à la dissociation de la molécule P^2 que Preuner et Brockmöller aient réalisées au cours de leurs mesures (une pression de 89^{mm} de mercure à 1200°C), seulement une molécule P^2 sur un million doit être dissociée en atomes, ce qui est négligeable.

En reprenant alors les données expérimentales de Preuner et Brockmöller avec l'hypothèse correcte d'une dissociation se faisant uniquement en molécules P^2, j'ai obtenu à partir de leurs mesures la valeur de 41 Kcal pour la chaleur de dissociation à volume constant entre 1000 et 1200°C. L'écart entre cette valeur et celle qui est donnée par Stock, Gibson et Stamm (49 Kcal) peut s'expliquer par les difficultés expérimentales inhérentes à ces mesures. Devant l'impossibilité de choisir entre les deux nombres précédents on peut admettre comme valeur moyenne 45 Kcal ± 4.

On peut en déduire la chaleur de dissociation Q_0 au zéro absolu, si l'on connaît les variations avec la température des chaleurs spécifiques des vapeurs P^4 et P^2. Les mesures directes manquent, mais en m'adressant aux expressions établies par la théorie des quanta pour la chaleur spécifique des gaz, j'ai trouvé, en première approximation, les équations ci-dessous entre 300 et 1500°K :

$$C_V = 4,04 + 0,00717.T - 0,063.10^{-4}.T^2 + 1,85.10^{-9}.T^3 \quad \text{pour } P^2.$$
$$C_V = 8,33 + 0,0259\ .T - 0,242.10^{-4}.T^2 + 7,41.10^{-9}.T^3 \quad \text{pour } P^4.$$

Leur emploi permet de calculer Q_0

$$P^4 \rightleftharpoons 2P^2 - 50 \pm 4\,\text{Kcal}.$$

Ce chiffre de base permet d'aborder les problèmes que pose la thermochimie du phosphore. J'en ai déduit, par exemple, la chaleur d'évaporation d'un atome-gramme de phosphore



$$P_{\text{blanc solide}} \rightarrow P_{\text{vapeur monoatomique}} - 73\ \text{Kcal} \pm 2,$$

valeur fort différente du nombre erroné (106 Kcal) donné par Jan-Khan et Samuel [6].

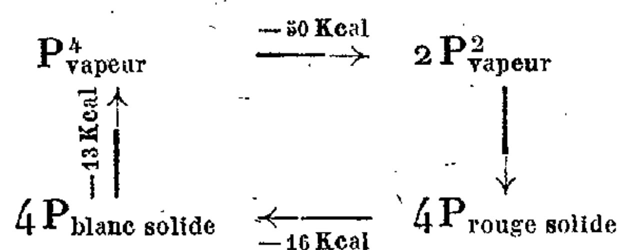
Par ailleurs, Melville et Gray [7] ayant démontré que le phosphore rouge est en équilibre, non pas avec une vapeur composée de molécules P^4, mais uniquement avec des molécules P^2, il est intéressant de calculer la

---

[6] *Proc. Phys. Soc.*, 48, 1936, p. 626.

[7] *The phenomena of Polymerosation and Condensation* (*Discussion by The Faraday Society*, 1935, p. 271).

chaleur d'évaporation d'une molécule P^2 à partir du phosphore rouge. En se basant sur le cycle



et en prenant en considération que le bilan énergétique de la transformation $4P_{rouge\ solide} \rightarrow P^4_{vapeur}$ est grevé lui aussi d'une indétermination de ± 3 Kcal environ, on trouve



$$2\,P_{rouge\ solide} \rightarrow P^2_{vapeur} - 39\ \text{Kcal} \pm 4.$$

Nous avons ici l'exemple d'un cas où la juxtaposition des données thermochimiques avec les résultats des études spectroscopiques permet d'éclaircir certains problèmes qu'à elle seule une de ces disciplines ne pourrait résoudre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dissociation thermique du carbonate de zinc.* Note de M. **Adolphe Rose**, présentée par M. Charles Mauguin.

M. Centnerszwer a signalé (¹) à propos de la dissociation du carbonate de zinc une particularité qui serait vraiment curieuse si elle était vérifiée.

Au lieu d'un équilibre univariant entre CO^2 et deux phases solides, comme dans le cas de la calcite ($CO^3Ca \rightleftharpoons CaO + CO^2$), on aurait ici un équilibre bivariant par suite de la formation d'une solution solide de composition variable de ZnO dans CO^3Zn.

Il fonde son opinion sur le fait qu'en opérant sous une pression de CO^2 constante (pression atmosphérique par exemple), il aurait observé qu'à chaque température la dissociation s'arrête quand le taux de ZnO atteint une certaine valeur, fonction croissante de la température. C'est seulement à partir de 580° que la décomposition serait complète.

J'ai repris cette étude. Mes résultats sont absolument opposés aux siens. Le carbonate de zinc, maintenu à température constante dans le gaz carbonique à la pression atmosphérique, ne se décompose pas du tout si la température est trop basse; mais, si la dissociation commence, elle se poursuit jusqu'à la décomposition complète de toute la matière présente.

(¹) *J. Chim. Phys.*, 27, 1930, p. 17.

Naturellement, la vitesse du départ de CO^2 diminue à mesure que la décomposition s'avance, d'abord parce qu'il y a de moins en moins de carbonate, mais surtout parce qu'il se forme à la surface des grains une couche de ZnO d'épaisseur croissante qui fait obstacle au départ de CO^2. Si l'on attend un temps suffisant, la décomposition, à température et pression constantes, est toujours complète. Ce temps est d'ailleurs d'autant plus court que la température est plus élevée. La décomposition pour être complète a demandé 110 jours à 345°, 260 heures à 385° et seulement 15 minutes à 495°.

C'est pour avoir manqué de patience, que M. Centnerszwer a confondu un simple ralentissement avec un arrêt correspondant à un équilibre qui n'existe pas. Il pense, par exemple, avoir atteint l'équilibre ayant chauffé $0^g,744$ de CO^3Zn à 392° pendant 10 heures, alors qu'il m'a fallu 260 heures pour observer la décomposition complète de $0^g,125$ à la température de 385°.

L'examen aux rayons X (diagramme du type Debye-Scherrer) du produit de la décomposition est également en désaccord avec les conclusions de M. Centnerszwer. Le diagramme présente à la fois les raies de diffraction de CO^3Zn non décomposé et celles de l'oxyde ZnO formé; ces dernières, assez floues au début, montrent que l'oxyde est encore en très petits éléments; elles deviennent de plus en plus nettes à mesure que les grains se développent. Rien dans les diagrammes n'indique la présence du cristal mixte (CO^3Zn, ZnO) envisagé par cet auteur.

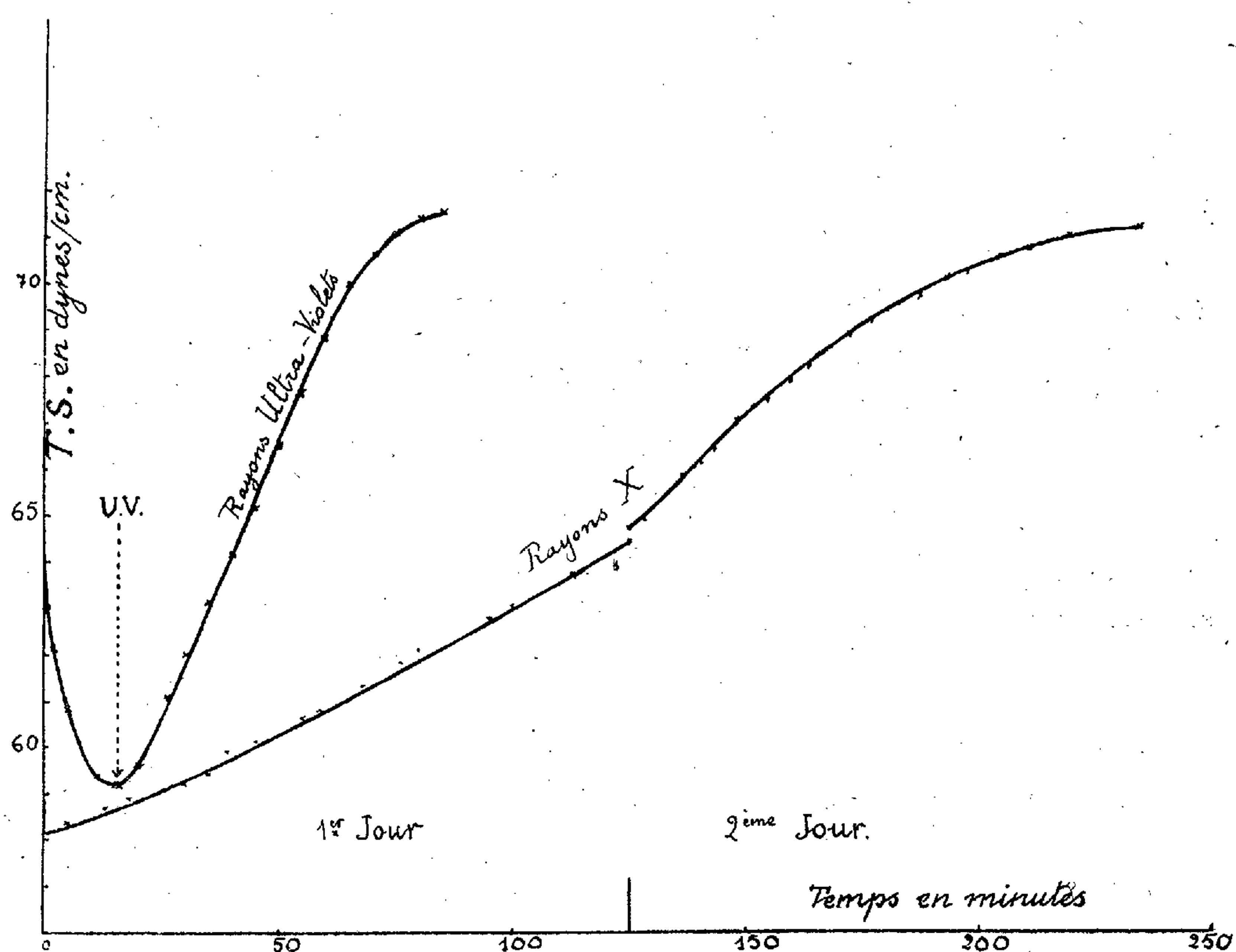
Le système en dissociation comporte certainement deux phases solides non miscibles CO^3Zn et ZnO en équilibre avec CO^2; il est univariant au même titre que le système $CO^3Ca \rightleftharpoons CaO + CO^2$.

Il faut donc rejeter les conclusions de M. Centnerszwer et en même temps les calculs thermodynamiques imaginés par M. Dodé (²) pour les interpréter.

(²) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1937, p. 42.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de diverses radiations sur les films superficiels de protides.* Note ([1]) de MM. **André Dognon** et **Camille Piffault**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Grâce à la méthode statique de mesure de la tension superficielle récemment décrite par l'un de nous ([2]), nous avons pu suivre avec facilité l'évolution de films superficiels de protides formés à la surface d'eau ou de



solution de Ringer. Nous avons signalé ([3]) que le chauffage de ces solutions superficielles non seulement ne provoque aucune perte de pouvoir tensio-actif de la sérum-albumine, comme on devrait l'observer s'il y avait

([1]) Séance du 6 mars 1939.
([2]) M. Abribat et A. Dognon, *Soc. franç. de Physique*, 428, 1939, p. 22.
([3]) A. Dognon et C. Piffault, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 654.

dénaturation et floculation du système, mais encore provoque une augmentation notable de la tensio-activité. La T. S. passe, par exemple, de 65 à 45 dynes/cm après un chauffage à 70°C. pendant 1 heure 50 minutes.

Nous apportons dans la présente Note des résultats relatifs à l'action de rayons X mous, des rayons ultraviolets, et de la lumière, sur de semblables films superficiels de sérum-albumine et d'hémoglobine, ces deux protides ne présentant pas d'ailleurs, à ce point de vue, de différences sensibles.

Comme le montre la figure ci-dessus, l'action des radiations X (d'environ 1,5 Å de λ moyenne) ou ultraviolettes (rayonnement global d'une lampe à vapeur de mercure) se manifeste par une remontée rapide de la tension superficielle, qui rejoint bientôt celle de l'eau pure, phénomène qui traduit la destruction de la protéine superficielle.

En formant un film semblable à la surface d'une solution d'un photosensibilisateur (Rose bengale), on n'obtient, avec une lumière blanche intense, ou le rayonnement de l'arc au mercure à travers un écran de verre, aucune action semblable.

L'action destructrice très nette des rayons X sur les films de sérum albumine, ou d'hémoglobine, jointe à l'absence de toute action semblable de la chaleur dans les conditions précédemment citées, est en contradiction, sinon avec l'hypothèse de Dessauer relative au mécanisme de l'action biologique de ces radiations (hypothèse des *points de chaleur*), du moins avec les conclusions de ceux qui, à sa suite, ont voulu établir l'identité d'action, sur des systèmes protéiques, de ces deux agents physiques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Contribution à l'étude des permolybdates.* Note de Mme **Marie-Élisa Rumpf-Nordmann**, présentée par M. Paul Lebeau.

Lorsqu'on fait agir de l'eau oxygénée sur un molybdate alcalin, en solution aqueuse acide ou alcaline, on observe des colorations jaunes, de spectre différent suivant le pH du milieu, et dues à la formation de permolybdates. Nous donnons ici les résultats d'une étude des solutions acides par la méthode des variations continues (¹); l'appareil de mesures employé est un colorimètre Jouan à deux cellules photoélectriques couplées. Nous avions déterminé d'une manière analogue les formules et les constantes d'équilibre des perchromates, pervanadates, pertitanates (²).

(¹) P. Job, *Ann. de Chimie*, 10e série, 9, 1928, p. 114-203.

(²) M. E. Rumpf, *Ann. de Chimie*, 11e série, 8, 1937, p. 456-527.

Le molybdate d'ammonium utilisé a été obtenu par simple dissolution du sel pur du commerce; la solution, après avoir été acidifiée par l'acide nitrique, a été précipitée par le nitrate mercureux. Le molybdate mercureux calciné a fourni de l'anhydride molybdique dont le poids a été déterminé.

Pour trouver la formule du persel, il faut chercher la *composition maximum*. Celle-ci s'obtient en mélangeant des solutions acétiques équimoléculaires des deux constituants : le maximum de la propriété étudiée (intensité de la coloration jaune) doit occuper une position constante. En admettant que l'ion molybdique est MoO^{4-} dans les conditions de dilution et de pH des expériences, le mélange de solutions équimoléculaires en molécules simples de molybdate d'ammonium et d'eau oxygénée a donné les résultats suivants :

Concentration $\frac{H^2O^2}{MoO^{4-}}$	0,0305 *m*	0,0152 *m*
Maximum, MoO^{4-} %	74	72

Le maximum est donc variable : le molybdate ou l'eau oxygénée ne se comportent pas comme s'ils étaient sous forme de molécules simples. On peut supposer que le molybdate agit à l'état d'ions doubles Mo^2O^{7--}. Pour vérifier cette hypothèse, il faut faire des mélanges équimoléculaires d'eau oxygénée et de molybdate d'ammonium $Mo^2O^7(NH^4)^2$:

Concentration $\frac{H^2O^2}{Mo^2O^{7--}}$	0,038 *m*	0,076 *m*
Maximum, Mo^2O^{7--} %	66	66

La constance de la position du maximum pour 66 pour 100 de molybdate $Mo^2O^7(NH^4)^2$ permet de déduire que deux ions doubles agissent sur une molécule d'eau oxygénée : c'est la *composition maximum*.

L'étude des mélanges non équimoléculaires donne la constante d'équilibre K du persel par la formule

$$K = \frac{\Gamma^2 p[(p+2)x-2]^3}{(p-1)^2(2-3x)},$$

dans laquelle Γ représente la concentration moléculaire de H^2O^2, p le rapport Γ'/Γ si Γ' est la concentration de Mo^2O^{7--}, x le pourcentage de Mo^2O^{7--} pour le maximum.

Voici les résultats concernant le milieu acétique de pH 1 :

$r_{H^2O^2}$.	$r'_{Mo^2O^{7--}}$.	p.	x.	$K_{15°}$.
0,05554	0,00813	0,146	0,815	$2,21.10^{-5}$
0,0305	0,0152	0,5	0,745	$2,17.10^{-5}$
0,0101	0,0152	1,5	0,62	$2,15.10^{-5}$
0,0101	0,0050	0,5	0,705	$2,39.10^{-5}$
0,0152	0,0076	0,5	0,72	$2,31.10^{-5}$

($K_{15°}$ moyen, $2,247.10^{-5}$.)

On retrouve la même constante dans les milieux plus concentrés en acide, par exemple dans les solutions normales en acide acétique :

$r_{H^2O^2}$.	$r'_{Mo^2O^{7--}}$.	p.	x.	K.
0,0237	0,0033	0,139	0,76	$2,02.10^{-5}$

Le persel formé par action de l'eau oxygénée sur le molybdate d'ammonium, en solution de pH égal ou inférieur à 1, est donc dû à l'action de $2Mo^2O^{7--}$ sur une molécule H^2O^2; sa formule peut être représentée par $Mo^2O^8(NH^4)^2$ et sa constante d'équilibre est $K_{15°}2,247.10^{-5}$.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les halogéno-éthanoates de plomb.* Note de M. **Edmond Grillot**, présentée par M. Marcel Delépine.

Comme le chlorure et le bromure, l'iodure de plomb est beaucoup plus soluble dans les solutions d'éthanoate de plomb que dans l'eau pure. A 20°, alors qu'il s'en dissout $0^g,073$ dans 100^{cm^3} d'eau, la solubilité devient $0^g,412$ pour 100 dans une solution contenant 28,15 pour 100 d'éthanoate de plomb, et $0^g,896$ pour 100 dans une solution qui en contient 45,2 pour 100. Il convient donc d'envisager la formation d'une combinaison intermédiaire, plus soluble que l'iodure de plomb. Cependant son domaine de cristallisation n'est pas indiqué par le diagramme de solubilité à 20° du système iodure de plomb — éthanoate de plomb — eau éthanoïque.

A chaud, plus la concentration en éthanoate est grande, plus la solubilité de l'iodure devient considérable, mais on ne peut pas faire cristalliser d'iodo-éthanoate de plomb. A 100°, en présence de 5^{cm^3} d'éthanoïque, on parvient à dissoudre 50^g d'iodure de plomb dans les $28^g,5$ d'eau de cristallisation de 200^g d'éthanoate de plomb. Par refroidissement, l'excès d'éthanoate de plomb cristallise en utilisant l'eau résiduelle et la liqueur se prend en une masse solide blanche. L'eau décompose instantanément ce produit, avec formation d'iodure basique de plomb PbIOH. Pour en

séparer les constituants, il est donc d'abord nécessaire d'éliminer l'eau (par entraînement à la vapeur de benzène). Puis, parmi les différents solvants permettant la dissolution sélective, j'ai retenu le chloroforme, dans lequel l'éthanoate de plomb est faiblement soluble, et le dérivé iodé insoluble (1). Ainsi, j'ai pu obtenir un iodo-éthanoate de plomb, parfaitement blanc, de formule $Pb^2(CH^3CO^2)^3I$ analogue à celle du chloro-éthanoate de plomb (2) [plomb °/₀ 57,93 (calculé 57,68); iode °/₀ 17,64 (calculé 17,67)].

J'ai montré antérieurement l'existence d'un bromo-éthanoate de plomb de formule $Pb(CH^3CO^2)Br$ (3). Mais l'étude de la solubilité du bromure de plomb dans les solutions d'éthanoate de plomb, qui présente une grande analogie avec celle du chlorure, conduit à envisager l'existence d'un autre bromo-éthanoate de plomb $Pb^2(CH^3CO^2)^3Br$. J'ai pu opérer avec le bromure de plomb comme avec l'iodure, et à 100° (en présence d'éthanoïque comme précédemment), j'ai pu dissoudre 30g de bromure de plomb dans l'eau de cristallisation de 200g d'éthanoate. Puis, par la même méthode que pour l'iodo-éthanoate de plomb, j'ai isolé un sel blanc de formule $Pb^2(CH^3CO^2)^3Br$ [plomb °/₀ 62,06 (calculé 61,78); brome °/₀ 12,01 (calculé 11,91)]. On peut supposer qu'en solution diluée ce sel se décompose suivant la réaction



$$Pb^2(CH^3CO^2)^3Br \rightarrow Pb(CH^3CO^2)^2 + Pb(CH^3CO^2)Br,$$

ce qui empêcherait d'atteindre la saturation permettant de le faire cristalliser. Le caractère complexe de ces halogéno-éthanoates de plomb se manifeste par l'hydrolyse qu'ils subissent avec formation d'halogénures basiques PbXOH et d'éthanoïque, ce qui les distingue de leurs constituants.

J'ai pu enfin confirmer l'analogie de l'éthanoate et du monochloréthanoate de plomb en solution que montre l'étude des monochloréthanoates basiques de plomb (4), par la formation de sels complexes avec les halogénures de plomb. En saturant de monochloréthanoate et de chlorure de

(1) L'éthanol anhydre convient également, tant comme déshydratant que comme solvant; mais après dissolution complète de l'excès d'éthanoate de plomb, il décompose l'iodoéthanoate en produisant de l'iodure basique PbIOH. Cette alcoolyse a lieu également avec le pentanol.

(2) *Comptes rendus,* 199, 1934, p, 1049.

(3) *Comptes rendus,* 200, 1935, p. 2177.

(4) *Comptes rendus,* 207, 1938, p. 996.

plomb de l'eau maintenue à 56° C. (⁵), j'ai pu faire cristalliser par refroidissement un chloromonochloréthanoate de plomb de formule $Pb(CH^2ClCO^2)Cl$ [plomb °/₀, 62,04 (calculé 61,78); chlore °/₀ directement précipitable par le nitrate d'argent 10,51 (calculé 10,55); chlore total °/₀ 20,90 (calculé 21,10)]. On ne peut obtenir de sels purs avec les deux autres halogénures de plomb. Avec le bromure, il cristallise un mélange en proportions variables de bromomonochloréthanoate de plomb $Pb(CH^2ClCO^2)Br$, et de chloromonobrométhanoate $Pb(CH^2BrCO^2)Cl$ [plomb °/₀ 54,60 (calculé 54,46); carbone °/₀ 6,40 (calculé 6,32)]. Avec l'iodure, à ce partage des deux halogènes par le radical organique s'ajoute une hydrolyse notable avec production du radical hydroxyéthanoyle. En solution dans l'eau pure, ces sels ou mélanges de sels sont plus faiblement hydrolysés que les dérivés correspondants de l'éthanoate de plomb, mais il se forme encore des halogénures basiques Pb XOH, ce qui manifeste leur constitution complexe.

PÉDOLOGIE. — *Sur un phénomène d'expurgation allitique du sol tropical en Afrique occidentale.* Note de M. **Hélios Scaetta**, présentée par M. Auguste Chevalier.

J'ai observé que les alluvions du Moyen-Niger, quand elles sont utilisées pour des travaux de remblai, donnent naissance, au bout de quelques mois d'exposition à l'air libre, à une grenaille latéritique. Ce pseudo-gravillon est répandu partout; il couvre parfois des surfaces immenses; il est employé couramment pour empierrer les pistes du Soudan. J'ai cru, pendant un certain temps, qu'il provenait de l'effritement ou de l'érosion des cuirasses latéritiques. Si cela était vrai pour les latérites de la côte atlantique et celles au sud du 8ᵉ parallèle, l'idée est erronée dans la région continentale de l'Afrique occidentale au nord de cette latitude. La terre argileuse elle-même, ainsi que tout sol sablo-argileux, quand elle subit un remaniement susceptible d'en modifier la structure initiale et d'introduire de l'air sec dans sa masse, exsude littéralement des concrétions latéritiques bien caractéristiques, dont la forme et les dimensions rappellent généralement celles des pisolithes des cuirasses alvéolées. La couleur de ces concrétions varie entre le jaune clair et le noirâtre, passant par une gamme intermédiaire nombreuse, en fonction évidente de la composition alluvion-

(⁵) Une plus forte température favoriserait l'hydrolyse du radical monochloréthanoyle.

neuse ou ferrugineuse prédominante des argiles desquelles elles dérivent. Ce pseudo-gravier apparaît à l'œil nu comme formé de dépôts en strates concentriques d'alumogels tantôt bauxitiques, tantôt ferriques. Leur poids spécifique varie en conséquence. Cette production de gravier apparaît comme un phénomène climatique prédominant : l'ameublissement de la terre n'étant qu'un fait accidentel, quoique nécessaire, permettant au phénomène de se manifester. Si le sol conserve sa structure intacte et s'il reste en place sans subir de remaniements, les éléments allitiques (oxydes de Fe et Al à des stades divers d'hydratation) se concrétionnent en profondeur dans une couche dite d'*illuviation*. Dans cet horizon (c'est un pseudo-horizon quand il s'agit d'alluvions) la concrétion des suspensions allitiques colloïdales se fait lentement en rapport avec l'état de saturation constante de la couche illuviale ou de la zone de départ. Le profil du sol comporte dans un cas normal un horizon superficiel, d'épaisseur variable, dit d'*éluviation*. Son rôle est, parmi d'autres, celui d'amortisseur de l'influence des agents du climat atmosphérique par rapport à celle, plus ténue, des agents du pédoclimat. Il règle en outre les mouvements normaux de montée et de descente de l'eau au rythme du climat local.

Un remblai qui entache le sol à une profondeur suffisante, ou tout autre mouvement (d'origine éolienne) capable de faire varier les rapports entre la zone d'imbibition permanente du profil et la zone d'humectation et de dessèchement alternés, a pour résultat d'accroître la mobilité des suspensions aluminiques et ferrugineuses et d'en provoquer la concrétion et la solidification rapide. Par ce phénomène un remblai se couvre de grenaille latéritique à hauteur des niveaux de sortie de l'eau d'imprégnation pluviale. Également une surface surélevée, corrodée horizontalement par le vent, se couvre de pseudo-gravillon. Dans ce cas comme dans l'autre, il y a modification du niveau hydrostatique de la masse terreuse et alternative brutale d'humectation et de dessèchement. L'ameublissement du sol entraîne ici une exagération des actions énergétiques du pédoclimat favorisant les poussées de l'évolution latéritique.

Ce phénomène d'expurgation semble acquérir au Soudan une intensité maxima en correspondance de l'équateur thermique. Au nord de cette bande climatique l'addition au sol, de plus en plus accentuée, de sable et d'éléments minéraux divers, concurremment à la diminution des pluies, ralentit l'expurgation allitique. L'ensablement même l'arrête. Ce phénomène est graduellement remplacé par une *ferruginisation* superficielle des sols sablo-argileux (à l'exception des *tilensis* ou épandages limoneux fossiles ou actuels) et des roches de la série gréseuse. L'expurgation allitique m'apparaît ainsi comme un phénomène corollaire de la latéritisation massive du sol tropical. C'est la dernière manifestation *en surface* du climat qui régit actuellement la formation de la latérite à sa frontière boréale.

Au sud du 10ᵉ parallèle le *durcissement* de la zone illuviale à la suite de la rupture de l'équilibre climatique du profil (conséquente au décapage de

l'éluvium) semble prédominer et il aboutit à la constitution d'immenses surfaces de cuirasse massive. Cette région peut être considérée comme l'épicentre climatique des processus de latéritisation, au nord duquel la destruction du sol argileux se fait de plus en plus près de la surface, et au sud duquel, à l'approche du climat subéquatorial, elle s'opère en profondeur.

Toute concrétion latéritique étant mauvaise conductrice pour le calorique, l'incorporation successive au sol du pseudo-gravillon expurgé en élève le degré thermique moyen. Cette augmentation progressive de la température du profil finit par perturber profondément les échanges d'énergie entre la couche d'air près du sol et le pédoclimat. La végétation, malgré sa thermophilie élevée, est alors amenée à disparaître. Les espèces du climax se réfugient dans les lignes de drainage où le passage saisonnier de l'eau d'écoulement (et par conséquent l'érosion) empêche la grenaille latéritique de séjourner. Dans ces lignes de dépression la végétation, quand elle n'est pas dérangée, y forme des fourrés denses s'étendant dans le sens du drainage. La surface du terrain acquiert alors un aspect *réticulé* où les rubans de végétation alternent avec des espaces nus. Sur ces surfaces le pseudo-gravillon noirâtre oolithique ou pisolithique a fait le vide. Cet aspect du paysage est typique des régions frontières entre le climat soudanien dégradé et le climat saharien.

GÉOLOGIE. — *Sur le Carbonifère des Issaouane (Sahara central).* Note de M. **Nicolas Menchikoff**, présentée par M. Charles Jacob.

En 1930 (¹) j'ai mis en doute que la composition du Carbonifère dans le Sahara central soit bien telle qu'elle avait été déduite des observations et matériaux rapportés par la mission Foureau-Lamy de la région des Issaouane (²); la présence de l'Ouralien ne me paraissait pas suffisamment prouvée par la découverte de *Productus Cora* d'Orb., et elle ne s'accordait pas avec ce qui était connu ailleurs au Sahara.

Au cours d'un récent voyage, en compagnie de MM. Devillers et Lelubre, j'ai eu l'occasion d'étudier le Carbonifère précisément dans cette région des Issaouane, le long de la piste automobile reliant Ohanet à Fort de Polignac.

(¹) N. Menchikoff, *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dyn.*, 3, II, 1930, p. 169-172 et 178.

(²) E. Haug, *Paléontologie*, in Foureau, *Documents scientifiques de la Mission Saharienne*, Paris, 2, 1905, p. 782-813.

Les terrains carbonifères, inclinés de quelques degrés seulement vers le NE, reposent au Sud en concordance apparente sur les grès du Dévonien supérieur des environs du Fort de Polignac et disparaissent vers le Nord sous le Continental intercalaire qui affleure jusqu'au pied de la Hamada de Tinrert.

La série carbonifère des Issaouane est en majeure partie gréseuse, mais il y a également des marnes schisteuses parfois gypsifères et des bancs calcaires à fossiles marins; ces grès, généralement feuilletés, renferment souvent des débris de végétaux.

Sur mon itinéraire, le niveau fossilifère le plus bas du Carbonifère affleure, à environ 30^{km} en ligne droite au Nord-Est du Fort de Polignac et à 5^{km} au Nord du bord de la falaise dévonienne. On y voit, près de la piste automobile, au milieu du reg, des dalles calcaires pétries de *Syringothyris* et de *Productus Cora* d'Orb. La présence dans ce premier niveau de *Productus Cora* indique qu'il s'agit du Viséen et vraisemblablement du Viséen moyen.

Plus au Nord, et ainsi plus haut dans la série, à 2^{km} au Sud-Ouest de Hassi Issendjel, dans un niveau ferrugineux, j'ai recueilli quelques petites Goniatites (*Beyrichoceras?*).

Le gisement fossilifère le plus important est situé à 20^{km} au Nord de Hassi Issaouane, sur le bord sud de la dépression Assekeifaf. Là, au milieu de couches gréseuses, des niveaux calcaires et marneux sont riches en *Productus giganteus* Mart., grandes *Caninia*, *Dibunophyllum* et autres Polypiers et Brachiopodes. La présence de *Productus giganteus* Mart. et de sa variété *P. latissimus* Sow. indique nettement l'âge Viséen supérieur des couches d'Assekeifaf.

Plus au Nord et toujours plus haut dans la série, jusque dans le Tadjentourt, se poursuivent des alternances de grès feuilletés et de marnes souvent gypsifères avec quelques niveaux calcaires. Comme fossiles on ne peut jusqu'à présent citer que des débris de plantes, quelques Brachiopodes et, dans les calcaires, des Gastéropodes (*Bellerophon*, *Loxonema*, *Enomphalus*), des Orthocères et des Crinoïdes. La position de ces couches au-dessus du niveau à *Productus giganteus* permet de les attribuer au sommet du Viséen et probablement aussi au Namurien.

De cette analyse se dégagent les conclusions suivantes :

L'absence de niveaux à faune tournaisienne peut faire croire à l'existence d'une lacune tournaisienne et à la transgressivité du Viséen, vraisemblablement du Viséen moyen.

Le Viséen est le terme le mieux représenté dans les Issaouane; d'ailleurs tous les fossiles carbonifères marins rapportés par Foureau en proviennent; son faciès est nettement marin, mais l'abondance des débris de plantes et du matériel détritique indique la proximité des terres émergées situées, semble-t-il, vers le Sud.

Les niveaux supérieurs, paléontologiquement mal caractérisés, que j'attribue au Namurien, montrent, à côté de couches franchement marines, des niveaux lagunaires et continentaux de plus en plus développés. C'est la marque du retrait de la mer à cette époque.

Quant à l'Ouralien, il n'existe décidément pas dans les Issaouane; le retrait de la mer paléozoïque au Namurien avait été définitif.

Ainsi, confirmant mes vues générales de 1930, l'étude sur le terrain dans les Issaouane, qu'il faut rapprocher des travaux de Conrad Kilian [3] et des dernières observations de A. Desio [4], montre que la composition du Carbonifère dans le Sahara central est bien la même que dans les autres régions du Grand Désert.

OCÉANOGRAPHIE. — *Remarques sur quelques mesures de salinité des eaux de l'Orne, entre Caen et l'embouchure (Franceville).* Note [1] de M. CLAUDE FRANCIS-BŒUF.

La construction du canal de Caen à la mer (Ouistreham) a été basée sur la dérivation de l'Orne à son profit par un barrage. Celui-ci laisse cependant une certaine partie (fonction du débit) des eaux fluviales s'écouler par l'ancien lit inférieur de la rivière.

D'un autre côté, il est facile de constater que l'influence de la marée se fait sentir dans le cours inférieur de l'Orne, au moins jusqu'à Caen, qui se trouve à environ 14^{km} de la mer.

La propagation de l'onde de marée et la pénétration des eaux salées sont deux phénomènes distincts l'un de l'autre dans un estuaire.

C'est dans le but d'étudier la part qu'il faut réserver à chacun d'eux que j'ai effectué au mois de février 1939 quelques mesures de salinité à des moments et en des points particulièrement choisis.

Pour obtenir la salinité, la méthode densimétrique (avec correction de température) a été utilisée. Les résultats obtenus ont été vérifiés pour certains prélèvements par un dosage des chlorures par une solution d'azotate d'argent en présence d'un indicateur coloré (bichromate de potassium).

Prélèvement I. — Ecole de natation (Maes) à 1^{km},800 en amont du barrage, 18 février, à 17 heures, en surface, au milieu de la rivière.

Résultat : *eau douce.*

Prélèvement II. — 200 mètres en aval du barrage, 20 février, 10^{h}15^{m}, en surface, le long de la rive gauche.

Résultat : *eau douce.*

---

(3) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 569, et **207**, 1938, p. 368.

(4) D'une conversation avec A. Desio il résulte que le Carbonifère du Messac à l'Est de Rhat doit également être considéré comme viséen, probablement aussi namurien, mais non pas ouralien, comme il a été signalé à tort tout récemment encore.

(1) Séance du 13 mars 1939.

Prélèvement III. — Pont du Cloppée, 20 février, à 11^h30^m, au milieu de la rivière.

Résultats : en surface : *eau douce;* au fond (3-4^m) : *eau douce.*

Prélèvement IV. — A l'embouchure (dune de Franceville), 20 février, à 16^h40^m, le long de la rive droite, en surface.

Résultat : 1,70 ‰ (gramme de ClNa par litre).

Le 20 février 1939, à Port-en-Bessin, *basse mer à 9^h54^m*, *haute mer à 16^h*.

A cette époque de l'année l'Orne avait un débit moyen, en ce sens qu'elle n'était ni en régime de crue ni en régime d'étiage.

Le coefficient de marée était également moyen.

Les mesures ont donc été effectuées dans des conditions n'offrant aucun caractère exceptionnel.

On peut noter que, dans de telles conditions :

1° la marée en tant que phénomène dynamique se fait sentir jusqu'à Caen;

2° a haute mer, on trouve de l'eau douce au barrage, et environ 1 heure après jusqu'à 2^km^ en aval du barrage (pont du Cloppée), en surface comme au fond, le long des rives comme au milieu;

3° a basse mer (plus exactement 40 minutes après), l'Orne, à son embouchure, a des eaux à peine salées (1,70 pour 1000) [1].

Ces faits peuvent donner lieu à une interprétation :

Le phénomène dynamique de la marée est certes dû à l'avance et au retrait des eaux marines, mais dans la rivière il ne s'agit que d'un refoulement des eaux fluviales et de leur accumulation en amont sous la poussée du flot marin.

Il doit exister une zone de mélange et de diffusion du sel des eaux marines dans les eaux douces. Mais sa position est, *a priori*, variable et les deux principaux facteurs de variation sont le débit de la rivière et le coefficient de marée, auxquels on peut ajouter la température et la salinité des eaux proprement marines.

Au mois de février 1939, dans des conditions où ces facteurs sont moyens, cette zone de mélange et de diffusion n'atteint pas Caen.

Le degré de salinité constaté à l'embouchure est faible. De toute manière

---

(1) Il ne faut pas s'étonner de constater une salinité, presque certainement minima, en ce point, après que la mer a commencé à monter sur la côte. C'est que l'action du jusant dans un estuaire se continue près d'une heure après la basse mer. Un phénomène identique se remarque aussi sur l'Aulne (*Comptes rendus*, 208, 1939, p. 762-764).

il doit être attribué au retrait des eaux marines (basse mer), état accentué du fait que les eaux fluviales n'entrent pas en contact brusque avec la mer, mais qu'avant de l'atteindre elles s'écoulent sur un cordon de sable largement développé en forme de delta.

A haute mer, il est logique de penser que les eaux de l'embouchure de l'Orne ont une salinité beaucoup plus élevée : le banc de sable est recouvert par les eaux littorales et celles-ci peuvent alors pénétrer facilement sous la poussée du flot (à Villers-sur-Mer, les eaux littorales ont une salinité de 29,38 pour 1000).

D'un autre côté, je n'ai pas remarqué de flore marine le long des rives de l'Orne dans la zone proche de Caen; *Fucus uliginosus*, que l'on rencontre dans de nombreux estuaires maritimes, n'existe pas ici. Cette dernière remarque vient appuyer le fait qu'au moins au mois de février on trouve de l'eau douce dans cette partie de la rivière. On peut même croire, que, si l'eau de mer atteint Caen par l'Orne, ce n'est que dans des conditions exceptionnelles (faible débit, forte marée).

Un plus grand nombre de mesures, à différentes époques de l'année, donneraient d'utiles indications pour comprendre le problème que pose le mélange des eaux fluviales et marines dans un estuaire. Il serait peut-être ainsi possible de déterminer si l'existence de bancs de vase, le long des rives de l'Orne jusqu'en amont de Franceville, est liée ou non, au mélange de ces deux sortes d'eaux.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la propagation d'un signal dans une atmosphère raréfiée ionisée.* Note de M. **L. Cagniard**, présentée par M. Charles Maurain.

Depuis plusieurs années, de nombreux chercheurs enregistrent les échos provenant de la réflexion d'un signal électromagnétique sur les couches ionisées de la haute atmosphère. Cependant, ni le mécanisme même de la propagation d'un signal dans l'ionosphère, ni les circonstances dans lesquelles peut intervenir une réflexion ne semblent avoir été élucidés par la théorie avec toute la netteté désirable.

Me limitant à l'étude du cas le plus simple, j'envisage, dans un champ magnétique nul, une atmosphère uniformément ionisée à raison de N ions parfaitement libres par unité de volume (charge e U. E. S., masse m). Je pose $b^2 = 4\pi N e^2/m$ et $\lambda_0 = 2\pi c/b$, en désignant par c la vitesse de la lumière dans le vide.

On sait que dans un tel milieu l'onde plane harmonique perma-

nente, de période T, présente pour $\lambda = cT < \lambda_0 = cT_0$ une vitesse de phase $V = c/\sqrt{1-(\lambda^2/\lambda_0^2)}$ qui est supérieure à c.

Or les signaux utilisés pour sonder l'ionosphère ne sont pas des ondes harmoniques permanentes, mais des trains d'ondes limités. On *admet* généralement qu'un tel *signal* doit se propager avec la vitesse de groupe $U = c\sqrt{1-(\lambda^2/\lambda_0^2)}$ inférieure à c. Pour $\lambda > \lambda_0$ il n'existe pas d'onde plane harmonique permanente; on *admet* qu'un signal de $\lambda > \lambda_0$ ne peut se propager dans le milieu ionisé.

Il est cependant facile de construire l'intégrale correcte des équations de Maxwell qui représente la propagation d'une onde plane de constitution arbitraire, c'est-à-dire d'un signal quelconque. Par exemple, la composante E_x du champ électrique, normale à la direction de propagation Oz, s'exprime par

$$(1) \qquad E_x = \int_{\frac{z}{c}}^{t} E'(t-v)\,A(v)\,dv; \qquad E'(t) = \frac{d}{dt}E(t),$$

avec

$$A(v) \begin{cases} = 0 & \text{pour } v < \dfrac{z}{c}, \\ = 1 - \dfrac{bz}{c}\displaystyle\int_{\frac{z}{c}}^{v} \dfrac{J_1\left(b\sqrt{v^2-\frac{z^2}{c^2}}\right)}{\sqrt{v^2-\frac{z^2}{c^2}}}\,dv & \text{pour } v > \dfrac{z}{c} \end{cases}$$

(J_1, fonction de Bessel du premier ordre), si la fonction continue arbitraire $E(t)$, nulle pour $t \leq 0$, est l'expression de E_x dans le plan $z = 0$.

On peut donc noter sans plus tarder que la vitesse du *front* du signal est toujours rigoureusement égale à c.

Les formules ci-dessus, ainsi que les similaires exprimant le champ magnétique, le déplacement des ions etc., permettent, étant donnée leur simplicité, d'étudier numériquement la déformation d'un signal *quelconque* au cours de sa propagation.

Au surplus, il est aisé de se rendre compte de l'allure des phénomènes dans le cas d'un signal initialement constitué par un train de n oscillations sinusoïdales de période T.

Pour toute valeur de z, la fonction $A(v)$ présente en effet une infinité d'oscillations dont la durée Δv croît et dont l'amplitude décroît quand v augmente. Quand v devient infini, la durée d'une oscillation tend vers T_0 et son amplitude vers zéro.

Lorsque z/λ_0 est petit, les oscillations ne possèdent qu'une faible ampli-

tude [$A(v)$ voisin de 1, signal peu déformé]. Quand z augmente, les oscillations de $A(v)$ s'accentuent progressivement, en même temps que tend vers zéro la durée de celles qui se produisent au voisinage de $v = z/c$. Plus précisément, pour les valeurs de z/λ_0 suffisamment grandes, $A(v)$ peut s'exprimer asymptotiquement par $J_0\left(b\sqrt{v^2 - z^2/c^2}\right)$ dans le domaine des premières oscillations et par

$$\frac{z}{c}\sqrt{\frac{2}{\pi b}}\,\frac{\cos\left(b\sqrt{v^2 - \frac{z^2}{c^2}} - \frac{4}{\pi}\right)}{v\left(v^2 - \frac{z^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{4}}}$$

pour les valeurs ultérieures de v.

Dans ces conditions, par suite d'une compensation entre les aires positives et les aires négatives, la valeur de l'intégrale (1) sera toujours très petite si la durée des oscillations de $A(v)$ dans l'intervalle de $v = t - nT$ à $v = t$ n'est pas à peu près égale à la période T du signal. Or cette égalité n'existera jamais si $\lambda > \lambda_0$ et l'on assistera alors à une dislocation du signal initial. Au contraire, si $\lambda < \lambda_0$, on trouvera toujours à partir d'un parcours z suffisant, une valeur v_s de v au voisinage de laquelle les oscillations de $A(v)$ seront de durée T, et c'est aux époques t voisines de v_s que se trouvera *pratiquement* localisée toute l'énergie du signal.

Une discussion plus complète permet de suivre avec précision les circonstances de cette propagation d'un genre particulier et d'analyser la déformation du signal au cours de sa progression. *On trouve que la vitesse de propagation ainsi définie est effectivement la vitesse de groupe*, résultat qui semblait douteux, non sans raison, à bon nombre de savants.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de faisceaux libéro-ligneux dans la partie supérieure de la racine de l'*Helianthus annuus (*var.* uniflorus). Note de M. **Georges Bouvrain**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Étudiant de jeunes plantules d'*Helianthus*, j'ai signalé (1) que la disposition alterne centripète pouvait être seule différenciée, non seulement dans toute la longueur de l'hypocotyle, mais encore jusqu'au milieu des cotylédons. Cette plante m'a permis de montrer l'identité de structure de l'appareil conducteur à la fois dans la tige, dans la racine et même dans la feuille. Cette identité de structure, assez facile à vérifier dans une plantule

(1) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 71, 1924, p. 293-296.

peu accélérée et très jeune, devient beaucoup moins visible si la plantule est plus âgée, ou même, dans une plantule très jeune si son accélération basifuge est intense. Dans celle-ci, la disparition hâtive, ou la non-différenciation des vaisseaux alternes et intermédiaires de la tige, et leur persistance dans la racine, établissent une différence apparente de structure qui, pendant longtemps, a trompé les anatomistes. En effet, dans la racine, les vaisseaux alternes sont généralement en contiguïté avec les vaisseaux intermédiaires, ceux-ci étant eux-mêmes en contiguïté avec les vaisseaux superposés, d'où une masse vasculaire compacte, condensée, qu'on ne trouve pas dans la tige encore jeune. Cette dernière présente hâtivement ses vaisseaux superposés, répartis en groupes distincts et formant avec les îlots criblés, autant de faisceaux libéro-ligneux.

Je me propose d'apporter aujourd'hui une preuve de plus de l'identité de structure des tiges et des racines grâce à une forme particulière de l'accélération dans la plantule d'*Helianthus*.

La plus grande partie de sa racine possède quatre convergents A, B, C, D, soit quatre faisceaux vasculaires alternant avec quatre faisceaux criblés P. Les quatre faisceaux vasculaires sont disposés suivant deux plans à peu près perpendiculaires : le plan cotylédonaire et le plan intercotylédonaire. A une certaine distance du collet, dans la racine, les quatre convergents sont presque équivalents (*fig.* 1).

En montant vers le collet, les deux convergents intercotylédonaires, C et D, cessent de présenter les vaisseaux primitifs, marquant ainsi une accélération beaucoup plus forte que les deux autres. Ce phénomène a déjà été étudié par G. Chauveaud ([2]) dans l'*Impatiens balsamina*, puis par Tronchet ([3]) dans l'*Echinops ritro*. En outre, dans *Crupina vulgaris*, espèce qui se comporte comme l'*Helianthus*, Tronchet ([4]), ne donnant que le schéma d'une coupe faite à la base de la racine, figure et signale deux faisceaux libéro-ligneux intercotylédonaires. Mais, préoccupé par une tout autre démonstration, il n'en tire pas de conclusion quant au parallélisme des structures tige et racine.

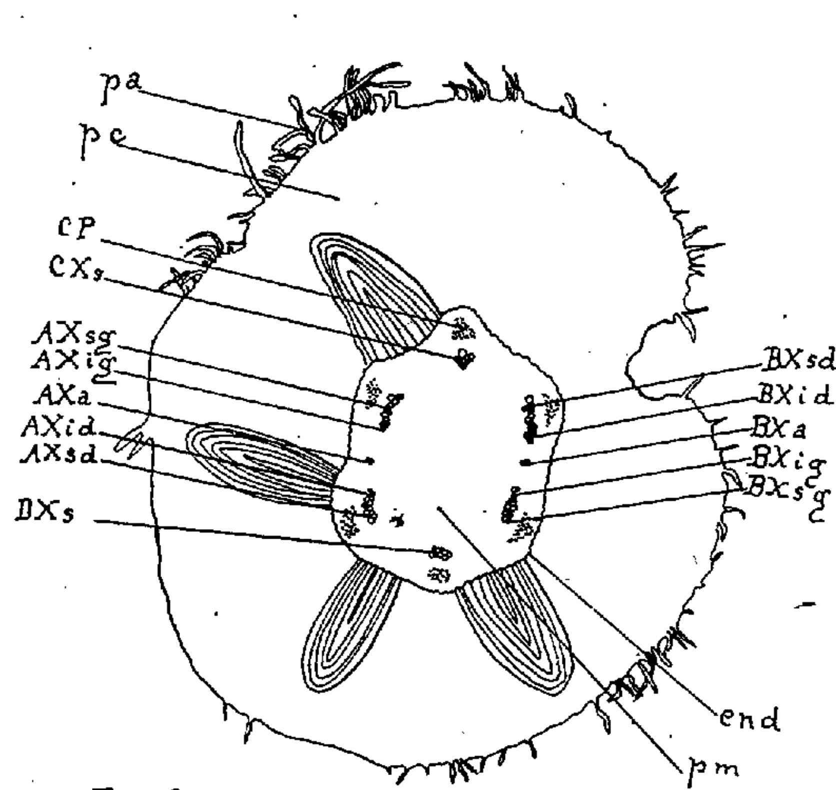
La figure 2 située dans la partie supérieure de la racine de l'*Helianthus* révèle :

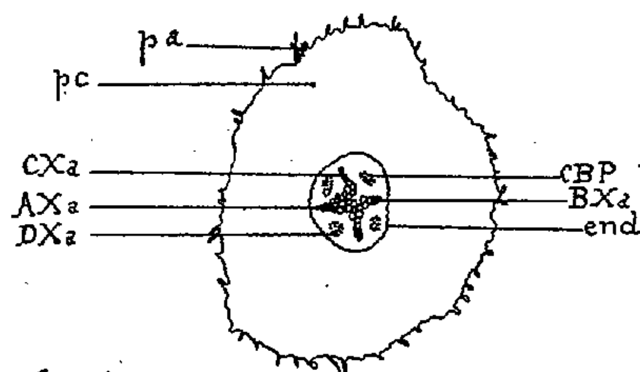
1° Deux convergents cotylédonaires constitués chacun par deux groupes

---

([2]) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 13, 1911, p. 335.
([3]) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 73, 1926, p. 894-898.
([4]) *Arch. de Bot.*, Caen, 4, 1930, et *Thèse de Doctorat ès Sciences*, p. 88.

de phloème P, deux vaisseaux alternes centripètes AX*a*, BX*a*, quelques vaisseaux intermédiaires AX*i* d, AX*i* g, BX*i* d, BX*i* g, enfin un certain





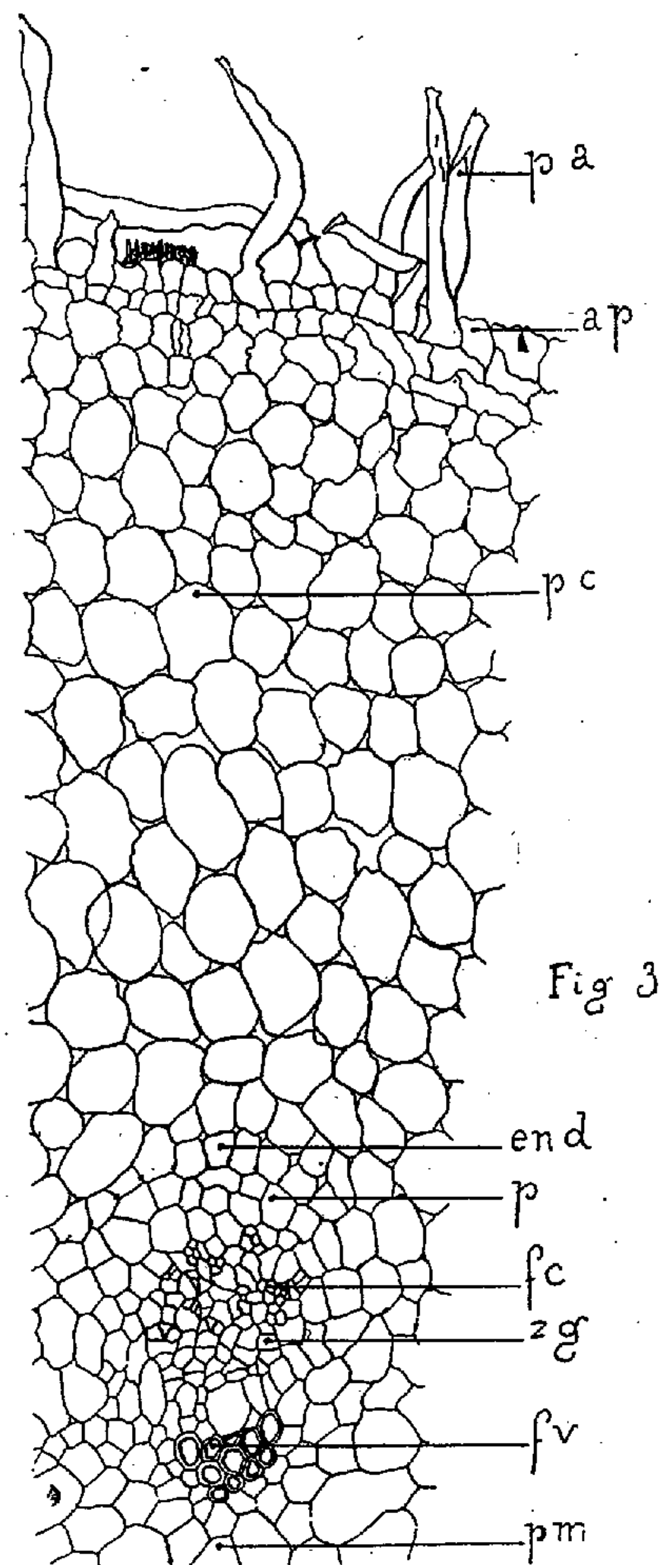


Fig. 1. Quatre convergents A, B, C, D, sensiblement égaux. — Fig. 2. Sommet de la région pilifère; deux convergents C, D, très accélérés. — Fig. 3. Détail du convergent C.

nombre de vaisseaux superposés AX*s* d, AX*s* g, BX*s* d, BX*s* g, donc deux convergents relativement peu accélérés.

2° Deux convergents intercotylédonaires très accélérés qui, privés de leurs vaisseaux primitifs, donnent deux faisceaux libéro-ligneux bien individualisés.

La présence de l'assise pilifère, des poils absorbants et l'abondance des radicelles naissant à ce niveau attestent qu'on est dans la racine. Par

conséquent, si l'on peut avoir dans la tige et dans la feuille une disposition alterne autrefois attribuée à la racine seule, on peut trouver également des faisceaux libéro-ligneux dans la racine, c'est-à-dire une disposition qu'on regardait comme devant caractériser la tige à l'exclusion de la racine.

Cette constatation apporte une preuve de plus qu'il n'y a pas de structure fondamentalement différente entre les divers membres végétatifs.

MYCOLOGIE. — *Nouveaux essais de culture des champignons de mycorhizes.* Note (1) de M. **Joseph Magrou**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

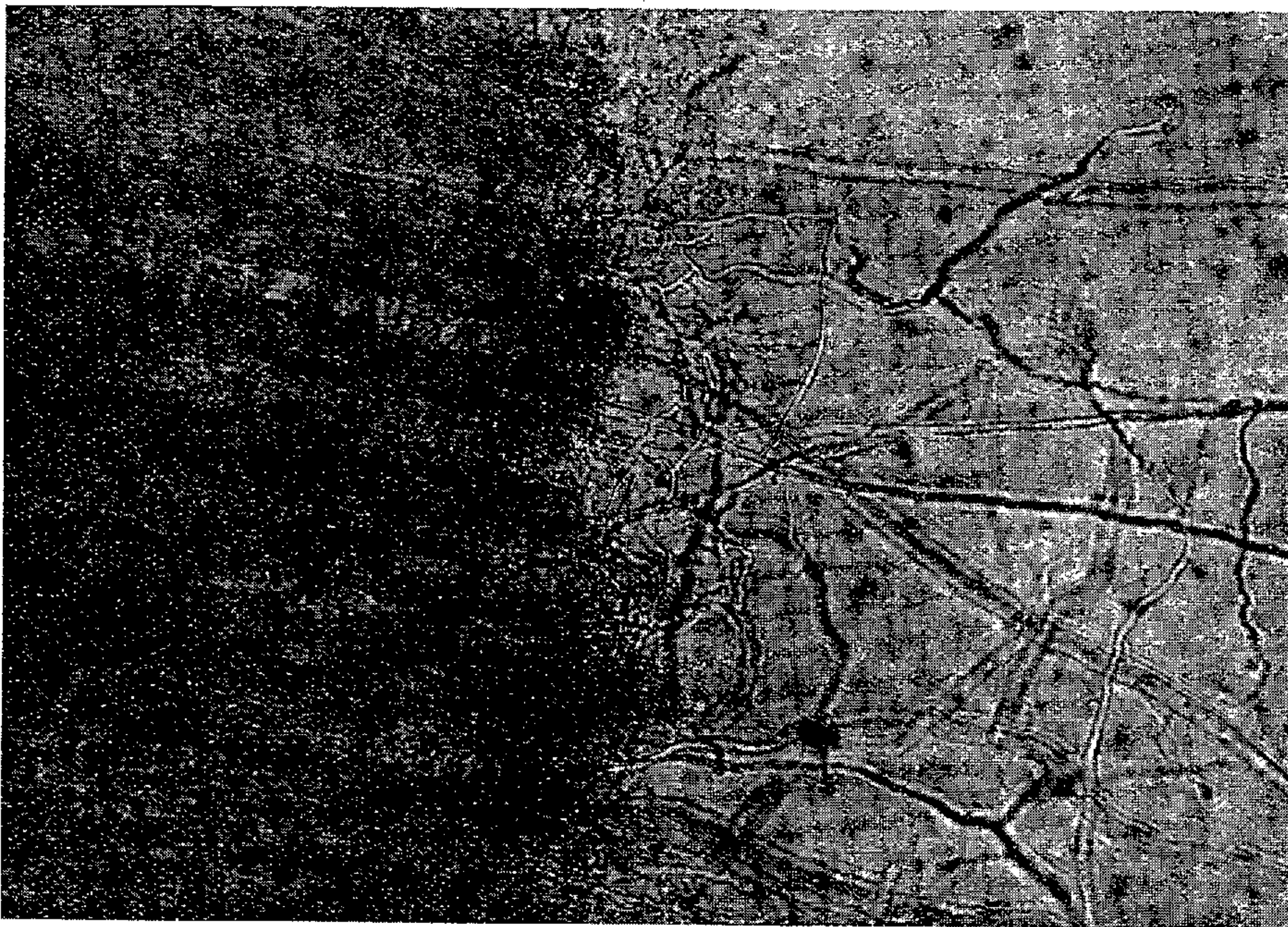
Nous avons montré que le mycélium des mycorhizes de l'*Arum maculatum* L. est capable, dans certaines conditions, de donner des ébauches de développement *in vitro* (2). Ce champignon n'est donc pas un parasite strict, contrairement à l'opinion que les échecs répétés des tentatives de culture tendaient à accréditer. Toutefois, dans nos essais, la croissance du champignon restait toujours très limitée et éphémère, ce que nous avions attribué à l'absence, dans le milieu nutritif, de quelque élément indispensable.

Dans de nouveaux essais, nous avons incorporé, à l'extrait de terre qui nous servait de milieu de culture, des composés reconnus, d'après les travaux récents, indispensables au développement de divers champignons. Parmi ces *facteurs de croissance* figure l'aneurine (vitamine B_1), nécessaire à la culture de nombreux Phycomycètes, groupe auquel semblent se rattacher les endophytes à arbuscules. Pour fournir à nos semis de l'aneurine, nous avons ajouté à l'extrait de terre, soit 3 pour 1000 de peptone d'arachide, soit 10 pour 1000 d'autolysat de levure de bière. Ces produits renferment en effet, à côté de beaucoup d'autres facteurs de croissance, de la vitamine B_1. La biotine, nécessaire à certains champignons, a été incorporée au milieu nutritif sous forme de solution alcoolique de jaune d'œuf (3 gouttes pour 10^{cm^3} de milieu). A ces produits, nous avons joint un extrait préparé par chauffage à 80°, dans l'eau distillée, de racines broyées d'*Arum maculatum* et, dans quelques cas, de l'acide indol-acétique au millionième. L'extrait de racines était stérilisé par filtration sur bougie Chamberland. Le milieu de culture a été ajusté au pH 6,6.

(1) Séance du 13 mars 1939.

(2) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1038, et *Ann. Sc. nat. Bot.*, 10e série, 19, 1937, p. 359.

Des coupes fines de racines infestées d'*Arum maculatum*, après ablation des assises cellulaires superficielles et lavages répétés dans l'eau distillée stérile, ont été semées en gouttes suspendues de cette solution, et le développement a été suivi au microscope. Les résultats se sont montrés supérieurs à ceux que nous avions obtenus jusqu'ici. Tandis qu'avec la technique primitive, dans les cas les plus favorables, le champignon ne se développait que discrètement et seulement dans une faible proportion de semis, dans le nouveau milieu, le développement est à la fois plus fréquent



(× 200).

et plus abondant. C'est ainsi que, dans trois séries de semis, faits dans le courant de mai et comportant en tout 52 cultures en cellules de van Tieghem, l'endophyte s'est développé 46 fois (soit dans 88 pour 100 des cas). Dans la plupart de ces cultures, des hyphes néoformées vigoureuses, en continuité indubitable avec le mycélium intercellulaire de l'endophyte, naissent en de nombreux points de la coupe de racine et se développent dans le liquide nutritif, sous forme de lacis de filaments ramifiés et anastomosés (*fig.* 1). Le développement se poursuit pendant plusieurs semaines; certaines hyphes croissent hors de la goutte suspendue, rampent sur le verre en continuant à se ramifier et atteignent l'anneau de verre qui

limite la cellule. Parfois, le mycélium rampant sur le verre développe, aux dépens de rameaux latéraux, des lacis complexes de très fins filaments abondamment ramifiés, qui rappellent les arbuscules intracellulaires des mycorhizes.

Nous n'avons pas réussi jusqu'ici à transplanter les cultures du champignon. Elles sont en effet presque toujours souillées de bactéries qui, lors des repiquages, prennent un développement exubérant et étouffent le mycélium, beaucoup plus fragile.

Des essais analogues ont porté sur les mycorhizes d'autres espèces. Nous avons observé des débuts de développement des endophytes de *Scilla bifolia* L., de *Veratrum album* L. et de *Solanum dulcamara* L.

En résumé, il est possible d'obtenir, dans des milieux de culture plus riches en produits nutritifs et en facteurs de croissance que ceux de nos essais précédents, un développement relativement abondant de l'endophyte de l'*Arum maculatum* avec, dans certains cas, production des arbuscules caractéristiques des champignons de mycorhizes. Il resterait, pour arriver à une solution complète du problème, à purifier les cultures des bactéries qui les souillent et à les reproduire en série à l'état de pureté.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude du mouvement de l'eau et des substances dissoutes à travers les tissus végétaux.* Note de Mlle **Lida Levina**, présentée par M. Marin Molliard.

Si l'on sépare deux solutions de concentrations différentes, non par une paroi imbibable inerte analogue à celles qu'utilisent les recherches sur l'osmose, mais par une lame de matière vivante végétale, il semble à priori qu'on doive obtenir plusieurs sortes d'échanges :

1° Ce sont d'abord des *échanges osmotiques* réalisés *entre les deux solutions*, à travers la lame de matière vivante, comme à travers la paroi inerte; un équilibre osmotique doit tendre à se réaliser : il comporte seulement un mouvement d'eau, si la lame utilisée est semi-perméable; un mouvement de la substance dissoute doit se produire de la solution la plus concentrée vers la moins concentrée, si la matière utilisée est perméable à la substance dissoute. Il semble, à priori, que ce soient ces échanges qui doivent dominer l'ensemble du système ainsi constitué et lui imposer le terme de son évolution.

2° Ce sont ensuite des échanges *entre la lame de matière vivante et les*

solutions qui sont installées sur les deux faces : *a*. échanges d'eau d'abord; ils affectent deux aspects : variation d'imbibition des colloïdes, variations osmotiques des concentrations des sucs vacuolaires. L'ensemble de ces réactions peut s'accompagner de plasmolyse, si la solution en contact est suffisamment concentrée; *b*. échanges de substances dissoutes ensuite : soit que les protoplasmes cellulaires soient perméables, soit que la migration des substances dissoutes se réalise par les membranes ou, dans le cas de plasmolyse, par les territoires cellulaires dégagés par ce phénomène.

Préparer l'étude des liens qu'on peut reconnaître entre ces divers échanges, tel est le but de la présente Note.

Les conditions expérimentales réalisées ont été les suivantes : les volumes liquides (eau en A, solution minérale ou organique en B) sont de 8^{cm^3}; ces volumes sont séparés par des tranches de tissu médullaire, prélevées sur des tubercules de Pomme de terre (épaisseur 3 ou 5^{mm} suivant les cas; diamètre 23^{mm}). Température au voisinage de 18°.

Les échanges réalisés sont exprimés dans les tableaux I (tranches de 3^{mm}

TABLEAU I.

		KCl.		CaCl².		Urée.		Glucose.	
1.	2.	3.	4.	3.	4.	3.	4.	3.	4.
N : 2....	6 h.	1,75	0,08	1,0	> 0	0,7	?	0,7	?
	24 »	2,5	0,30	1,8	0,06	1,3	0,02	1,0	?
N.......	6 »	2,7	0,46	1,7	0,05	1,5	> 0	1,4	> 0
	24 »	3,8	2,40	3,6	0,42	2,3	0,18	1,7	0,05
2N......	6 »	1,3	3,65	2,7	0,27	3,4	0,22	2,5	1,15
	24 »	1,3	7,45	5,05	3,65	4,75	1,17	4,4	0,60

TABLEAU II.

		KCl.		CaCl².		Urée.		Glucose.	
1.	2.	3.	4.	3.	4.	3.	4.	3.	4.
N : 2....	6 h.	1,15	0,04	0,8	> 0	0,6	??	0,7	??
	24 »	1,17	0,23	1,2	0,04	0,9	> 0	1,0	> 0
N.......	6 »	1,4	0,14	1,2	0,02	0,9	> 0	0,9	> 0
	24 »	3,02	1,60	2,0	0,31	2,1	0,09	1,3	> 0
2N......	6 »	1,75	1,0	2,2	0,16	2,15	> 0	1,8	> 0
	24 »	2,4	4,95	2,5	2,20	3,6	0,5	3,1	0,1

d'épaisseur) et II (tranches de 5^{mm} d'épaisseur) en fonction de la concentration de la solution placée en B au début de l'expérience (colonne 1) et de la durée de celle-ci (colonne 2). Ils comportent deux résultats : dans la colonne 3, *le volume d'eau* appelé à travers le tissu végétal par la solution

utilisée, exprimé en centimètres cubes et pour la durée de l'expérience; dans la colonne 4, *la concentration de la substance* retrouvée en fin de l'expérience en A, du fait de la diffusion réalisée vers l'eau pure; cette concentration est exprimée par le nombre de centimètres cubes de solution N : 10 équivalent à 1^{cm^3} du liquide recueilli.

On voit que les résultats obtenus dépendent 1° des concentrations placées en B; 2° de la nature des substances utilisées.

1° Pour une substance telle que KCl, le volume d'eau mobilisé est plus grand, si la solution en B est de concentration N, que si elle est N : 2 ou 2N. Avec $CaCl^2$, glucose, urée, le volume d'eau mobilisé s'accroît avec la concentration.

L'épaisseur du disque ralentit le passage de l'eau avec $CaCl^2$, glucose, urée et avec KCl à concentration faible. Avec une concentration forte de KCl au contraire, c'est à travers le disque le plus épais que le mouvement d'eau est le plus important.

2° L'influence de la nature des substances solubles utilisées se marque snrtout sur la concentration réalisée en A. D'après leur vitesse de diffusion, les diverses substances constituent la série décroissante : $KCl > CaCl^2 >$ urée et glucose, pour lesquels l'ordre de grandeur est le même.

La comparaison des deux phénomènes, mobilisation de l'eau, passage de la substance dissoute, fait ressortir une différence profonde entre eux. Le passage d'eau est actif durant les premières heures et se ralentit rapidement, puis s'arrête entre 24 et 48 heures, parfois avant (pour KCl 2N, le passage d'eau est terminé après 6 heures). La diffusion de la substance dissoute se poursuit longtemps. L'arrêt du mouvement d'eau la favorise plutôt; au contraire la diffusion rapide de la substance dissoute hâte la fin du mouvement d'eau.

L'analyse des conditions réalisées dans la lame du tissu végétal, et particulièrement le phénomène d'imbibition et de plasmolyse (il s'agit en effet de solutions concentrées), fournit une explication de ces résultats.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le glucose et la respiration des cultures de tissus végétaux*. Note de MM. **Lucien Plantefol** et **Roger Gautheret**, présentée par M. Marin Molliard.

L'un de nous a montré (1) qu'au début des cultures de tissus végétaux, pendant quelques jours, l'intensité respiratoire va croissant pour retomber

(1) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1121.

ensuite, lentement, à sa valeur initiale et même dans nos expériences, au-dessous de cette valeur. On peut penser rapporter l'excitation respiratoire qui caractérise la première période physiologique de la culture à plusieurs causes : action d'une tension d'oxygène supérieure à celle qui régnait dans la tige qui a fourni le tissu cambial, action lésionnelle comme pourraient en produire les hormones de blessures, action du glucose du milieu de culture. C'est cette dernière cause dont nous allons essayer de déterminer l'importance.

Le rôle du glucose du milieu de culture dans la respiration d'un fragment en culture peut aisément être mis en évidence par deux expériences complémentaires : l'une montre quelle est la variation de la respiration pour des cultures faites sur milieu glucosé que l'on repique sur milieu sans glucose, l'autre quelle est la variation de la respiration pour des cultures faites sur un milieu sans glucose et que l'on repique sur un milieu glucosé.

I. *Cultures faites sur milieu glucosé, repiquées sur milieu minéral.* — Pour éviter une excitation possible des cultures par les procédés d'extraction des gaz, on a utilisé quatre cultures différentes qui ont fourni chacune une seule expérience, un temps variable après le repiquage. Les cultures utilisées sont d'ailleurs très comparables : leur poids sec est du même ordre de grandeur : elles comportent, après 48 jours de culture, un tissu néoformé assez abondant, dont le poids sec a été mesuré. L'intensité respiratoire des cultures totales est exprimée en centimètres cubes de CO^2 dégagés par gramme de tissu sec et par heure.

		1.	2.	3 à 5.	6 à 8.
Jours après le repiquage					
Poids sec (g).	culture totale	0,137	0,112	0,158	0,181
	tissu néoformé	0,022	0,020	0,026	0,018
CO^2 dégagé (cm^3)		0,224	0,148	0,125	0,075

On voit que l'intensité respiratoire s'abaisse très rapidement du premier au second jour (de 100 à 66), plus lentement les trois jours suivants (moyenne : 56), pour tomber à une valeur très faible (33) à la fin de l'expérience. Le tissu qui demeure en vie utilise alors ses réserves. Le glucose fourni par le milieu constitue donc à chaque instant, dans une culture glucosée, une part importante du métabolite respiratoire.

II. *Cultures faites sur milieu minéral, repiquées sur milieu glucosé.* — L'expérience a été réalisée d'une manière analogue, mais on a utilisé trois cultures; chaque période compte donc trois valeurs (cm^3 de CO^2 dégagé par gramme de tissu sec et par heure)

Jours après le repiquage......	1.	2.	3-5.	6-8.
CO^2 dégagé (cm^3)	0,036	0,035	0,068	0,070
	0,042	0,051	0,071	0,090
	0,089	0,070	0,105	0,094

Les cultures utilisées sont aussi comparables que possible : toutes présentent sur une face un début de développement, mais si faible que le tissu néoformé ne peut pas être séparé et pesé; de plus, maintenues sur milieu minéral depuis 40 jours déjà, elles donnent depuis le 30e jour des signes de dégénérescence. Celle-ci est plus ou moins marquée, d'où les différences d'intensité respiratoire. Mais l'action du glucose apparaît d'autant plus nettement. Écartant deux valeurs aberrantes, on obtient comme moyennes, pour les temps envisagés,

1er jour, 0,039; 2e jour, 0,052; 3-5 j., 0,070; 6-8 j., 0,085.

Ainsi l'intensité respiratoire s'élève rapidement au transfert des cultures du milieu minéral sur milieu glucosé. En 8 jours, l'intensité respiratoire est doublée. On s'approche de l'ordre de grandeur fourni par des cultures conservées sur milieu glucosé et où la croissance ne s'est pas produite (0,114 à 0,150).

III. *Étude des cultures sur milieu minéral.* — Ces résultats rendraient vraisemblable qu'on expliquât par l'action du glucose l'excitation respiratoire qui caractérise la première période physiologique de la culture. L'établissement de cultures sur milieu purement minéral montre qu'il n'en est rien. En effet ces cultures, qui fournissent le premier jour des intensités respiratoires à peine inférieures à celles des cultures sur milieu glucosé (0,158 au lieu de 0,180) présentent dans les jours suivants une excitation respiratoire comparable.

L'intensité à laquelle s'élève la respiration est d'ailleurs beaucoup plus variable que pour les cultures sur milieu glucosé : dans notre première série, nous avons obtenu un maximum qui est relativement peu inférieur à celui des cultures correspondantes sur milieu glucosé (0,400 au lieu de 0,500); dans notre seconde série, le maximum a été beaucoup plus faible (0,240 au lieu de 0,430).

Au delà du maximum, l'intensité respiratoire s'abaisse plus ou moins rapidement. La période d'excitation passée, la respiration se fixe à des valeurs basses : au bout de 33 jours, l'ordre de grandeur est $0^{cm^3},030$ par g-sec/heure, alors que sur milieu glucosé, il est de 0,135. Les tissus qui

sans doute ne produisent plus alors aucune croissance épuisent lentement leurs réserves. Nous avons vu quelle réaction détermine leur passage sur milieu glucosé.

En résumé le glucose constitue bien un métabolite respiratoire pour les cultures de tissus végétaux, mais sa présence ne suffit pas à expliquer l'excitation respiratoire manifestée au début de la culture.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les modifications subies par une Algue prenant part à la constitution d'un Lichen* (Placynthium nigrum *S. Gray*). Note de M. **A. de Puymaly**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Dans la plupart des cas, les Algues qui prennent part à la constitution des Lichens conservent dans le thalle de ces derniers l'aspect qu'elles ont à l'état libre ou ne subissent que des modifications légères. Il en est autrement de la Cyanophycée qui fait partie d'un Lichen assez répandu, le *Placynthium nigrum* (Huds.) S. Gray. E. Bornet ([1]), qui, le premier, essaya de l'identifier, l'assimila au *Scytonema Kützingianum* Kütz., dénommé actuellement *Scyt. ocellatum* Lyngb. Or cette notion, acquise en 1874, a subsisté jusqu'à nos jours. Il faut en effet arriver en 1934 pour trouver sur ce sujet une nouvelle publication due à L. Geitler ([2]). Des essais de culture, que cet auteur a effectués dans des conditions plus ou moins artificielles, il ressort que l'Algue gonidiale du *Placynthium nigrum* n'appartient nullement aux *Scytonemataceae*, mais à la famille des *Rivulariaceae* et serait très vraisemblablement identique au *Dichothrix Orsiniana* (Kütz.) Born. et Flah.

Or, au cours de l'été dernier, je récoltai dans la région d'Argelès-Gazost (Hautes-Pyrénées) de nombreux spécimens de *Pl. nigrum* et, ignorant à ce moment-là les recherches récentes de Geitler, j'eus la curiosité d'en étudier les gonidies. Dans les squamules du thalle lichénique je voyais des cellules subsphériques ou dolioliformes, souvent irrégulières et déformées, se multipliant par bipartition et lâchement unies en filaments moniliformes, souvent flexueux et très contournés, montrant çà et là un hétérocyste terminal. J'eus bientôt l'intuition que j'avais sous les yeux une forme aberrante, dégradée, défigurée par le mode de vie qu'elle mène au

([1]) *Ann. des Sc. Nat. Bot.*, 5e série, 17, 1873 et 19, 1874.
([2]) *Arch. für Protistenkunde*, Bd. 82, 1934.

sein du Lichen. J'essayai donc de lui offrir des conditions d'existence plus naturelles. En plaçant des squamules lichéniques dans de l'eau de source j'observai que ceux-ci laissaient échapper des filaments d'Algue. Or, en maintenant ces derniers dans de l'eau de source fréquemment renouvelée, je suis arrivé à leur faire reprendre leur physionomie normale et à constater que l'Algue du *Pl. nigrum* est bien une *Rivulariaceae* et appartient au genre *Calothrix*.

Cette Algue est, en effet, représentée par des filaments ou trichomes dont le diamètre augmente progressivement du sommet à la base où se trouve un hétérocyste terminal moins large que les cellules végétatives adjacentes qui sont plus ou moins renflées; à celles-ci font suite des cellules courtes, discoïdes, larges de 5 à 8^{μ}, légèrement rétrécies au niveau des cloisons transversales et dont le contenu fortement pigmenté est de teinte érugineuse; puis vient une zone méristématique, composée de cellules très courtes, auxquelles succèdent des éléments beaucoup plus longs que larges, clairs, dépourvus de pigments et dont l'ensemble forme une sorte de poil apical très mince; enfin une gaine mucilagineuse, hyaline et lamelleuse enveloppe la partie pigmentée du trichome.

Comme on le voit, cette Algue est, à l'état normal, hautement différenciée. Sous l'influence de la vie qu'elle mène au sein du thalle lichénique, elle s'est profondément dégradée : elle a perdu sa polarité; on ne distingue plus ni base, ni sommet, car la partie piliforme a disparu et l'hétérocyste basilaire est souvent absent; la gaine manque également ou tout au moins n'a pas son aspect normal; les filaments, en outre, sont devenus très tortueux. Mais ces modifications, sur lesquelles Geitler attire l'attention et qu'on pourrait dans une certaine mesure attribuer à l'action mécanique exercée par les hyphes qui compriment fortement l'Algue, ne sont pas les seules observées. Les cellules pigmentées, au lieu de demeurer régulières et discoïdes, sont devenues subsphériques ou dolioliformes en même temps qu'irrégulières et déformées; de plus, elles se sont *hypertrophiées;* enfin, au lieu de naître aux dépens d'une zone méristématique à activité limitée, elles se multiplient sans cesse par bipartition, conférant ainsi au filament qu'elles forment une croissance théoriquement indéfinie. Or, ces dernières modifications sont évidemment le résultat de l'influence morphogène exercée par le Champignon et sont d'autant plus intéressantes que ce dernier n'envoie pas de suçoirs dans les cellules gonidiales.

L'Algue ainsi élevée dans de l'eau de source et à la lumière du jour,

c'est-à-dire dans des conditions aussi naturelles que possible, possède tous les caractères d'un *Calothrix* et paraît très voisine du *Cal. fusca* (Kütz.) Born. et Flah., espèce qui jusqu'à présent n'a été trouvée que dans le mucilage de différentes Algues d'eau douce (*Batrachospermum*, *Palmella*, *Nostoc*, etc.).

Je ne puis ici m'étendre davantage sur cette Cyanophycée, que je figurerai et décrirai d'une manière plus détaillée dans un travail que je me propose de publier prochainement sur le *Placynthium nigrum*.

TÉRATOLOGIE VÉGÉTALE. — *Différenciation des organes reproducteurs dans des boutons anormaux de* Solanum tuberosum L. *var.* Ersterlingen. Note (¹) de Mlle **Lisette Piettre**, présentée par M. Louis Blaringhem.

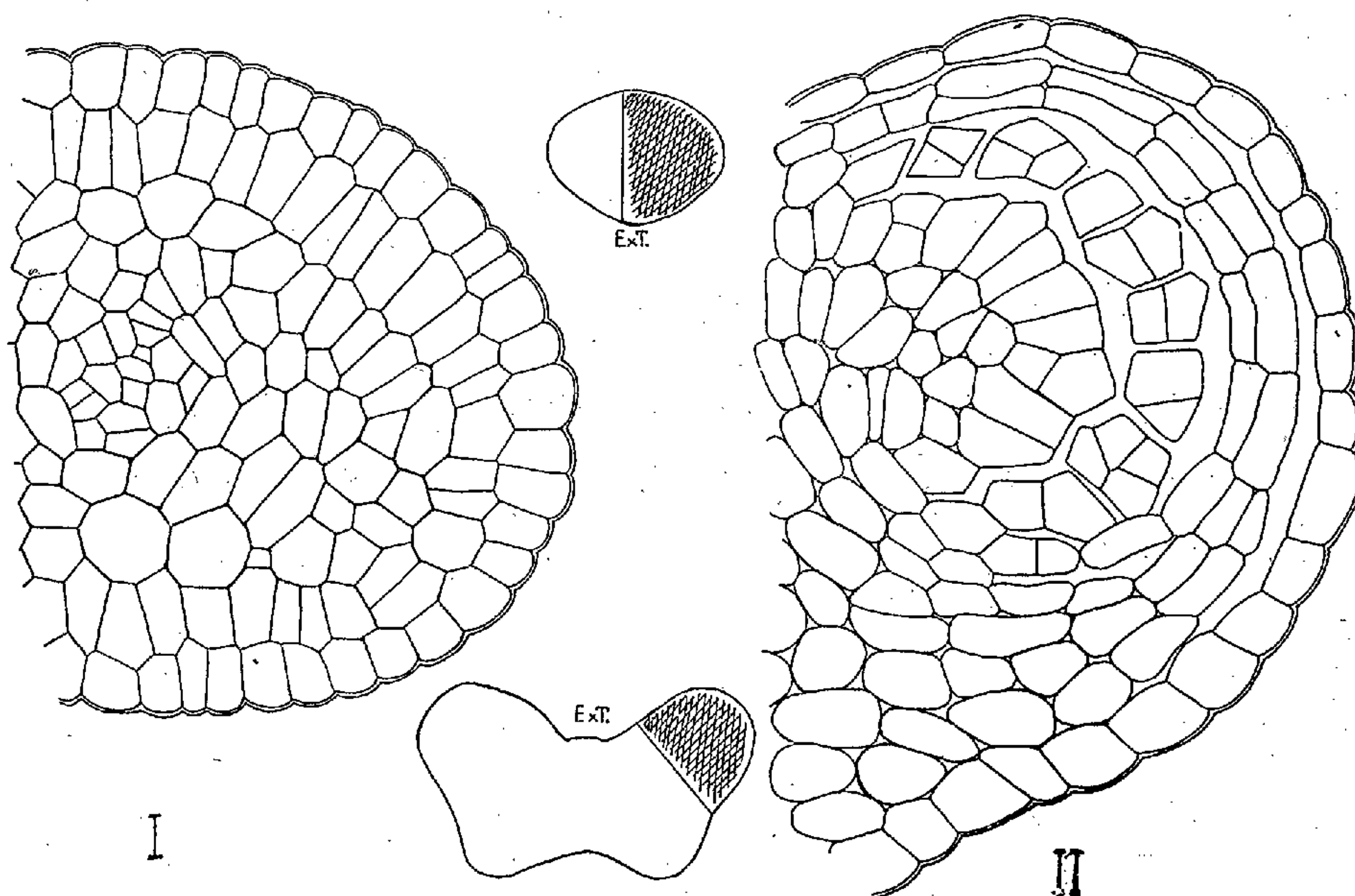
Des pousses anormales de *Solanum tuberosum* obtenues à contre saison, dans des conditions spéciales de culture (¹), m'ont permis de suivre et de comparer le développement des organes reproducteurs formés à ce stade juvénile. Le fait saillant de ces observations est le retard constant, variable selon les origines de l'anomalie, de la différenciation des cellules reproductrices. Les divisions cellulaires préparatoires de la sexualité traduisent suffisamment le phénomène pour me permettre d'affirmer que l'ébauche des tissus reproducteurs est en réalité le facteur dominant qui détermine l'équilibre et la répartition discontinue des verticilles fondamentaux de la fleur en pétales, étamines et carpelles.

I. *Fleurs* (*ou inflorescences*) *anormales* (développées sur des pousses charnues de 15 à 20^{cm}). — Les bourrelets qui alternent avec les pétales dans le centre des boutons (²), occupent la position des futures étamines. Ils donnent, en section transversale (*fig.* I), des surfaces elliptiques au centre desquelles des cellules petites représentent l'unique faisceau. Aux extrémités du grand axe, les cellules ont une forme polygonale et exceptionnellement une est divisée tangentiellement : c'est l'unique et rare indice d'un début de différenciation du tissu reproducteur. La prédominance du caractère végétatif s'accuse par l'irrégularité des contours des pseudo-étamines, par leur répartition assez souvent quelconque. De plus, comparées entre elles, les surfaces des sections des pseudo-étamines sont nettement inférieures à celle des pétales.

(¹) Séance du 13 mars 1939.
(²) *C. R. S. Biol.*, 125, 1937, p. 734; *R. Hort.*, 1938, p. 189.

II. *Fleurs juvéniles obtenues en serre.* — Dans ces conditions (15-20°; degré hygrométrique 40-80) les pousses de 50-60^{cm} donnent des inflorescences portant des boutons bien différenciés quoique prématurés et se desséchant avant leur épanouissement : ici la différenciation des organes reproducteurs et de leurs massifs sexuels est constamment plus avancée que dans le cas des pousses tératologiques; les sections des massifs inclus dans le périanthe bien défini sont ovales, régulièrement réparties en un verticille; dans les boutons les plus développés ces organes, véritables étamines, présentent quatre sacs polliniques bien constitués (*fig.* II).

On y remarque un épiderme à cellules aplaties, puis deux assises : l'assise pariétale externe, le tapis externe, et les cellules mères de pollen en voie de division.



Coupes anatomiques (× 480) des massifs les plus différenciés des organes correspondant aux étamines de *Solanum tuberosum* : en I, du bouton juvénile anormal avant la dessiccation; en II, du bouton juvénile de serre, avant la dessiccation.

Le cas tératologique nous met en présence d'inflorescences dont les tissus conservent très tard et jusqu'à leur dessiccation les caractéristiques des tissus végétatifs avec, une fois sur cinq et dans le bouton le plus différencié, une amorce très atténuée de l'ébauche du tissu reproducteur. Les massifs correspondant aux étamines ne montrent aucune trace de début de la différenciation sexuelle, traduite par l'augmentation de taille des organes

et par la multiplication en masse des jeunes cellules. L'ovaire est réduit à une cuvette dont les tissus ne sont pas différenciés.

Dans les boutons de serre, les bourrelets formés ont tous les caractères de jeunes étamines avec massifs des cellules mères de pollen bien distinctes par les divisions préparatoires; l'ovaire, par sa forme et par l'état de division de ses cellules, présente les particularités anatomiques qui annoncent leur destination.

Ainsi la métamorphose des parties de la fleur et leur répartition en verticilles est en corrélation étroite avec les débuts de l'apparition des massifs polliniques; les boutons bien constitués doivent leur régularité à la différenciation très précoce des cellules mères de pollen, sinon des ovules.

CYTOLOGIE. — *Sur les structures superficielles des Ciliés Hétérotriches et la continuité génétique de leur cinétome.* Note [1] de Mme **S. Villeneuve-Brachon**, présentée par M. Charles Pérez.

La structure de l'appareil ciliaire et du tégument des Ciliés Holotriches, a été bien étudiée ces dernières années à l'aide des méthodes d'imprégnation argentique (B. Klein, Gelei, Chatton et Lwoff, Chatton et Mme Villeneuve-Brachon). Ces trois derniers auteurs utilisant en outre les méthodes cytologiques courantes, sont parvenus à une conception synthétique de la structure superficielle de ces Infusoires, qu'ils ont exposée dans une série de publications auxquelles je renvoie pour la terminologie utilisée ici [2].

La présente Note est le résumé des recherches que j'ai entreprises sur les Ciliés Hétérotriches, intermédiaires entre les Holotriches et les Hypotriches étudiés d'autre part par Chatton et Seguela [3].

Cinétome. — Chez les Hétérotriches à cinéties longitudinales, excepté les *Spirostomum*, le cinétodesme porte ses cinétosomes sur un court pédicule oblique vers l'avant, toujours à sa gauche, ce qui vérifie pour toutes les espèces étudiées, y compris le *Spirostomum*, la *règle de la desmodexie* établie par Chatton et Lwoff. Chez les *Cœnomorpha* les cinétosomes encore alignés en files parallèles ne sont pas unis par un cinétodesme. Chez les

---

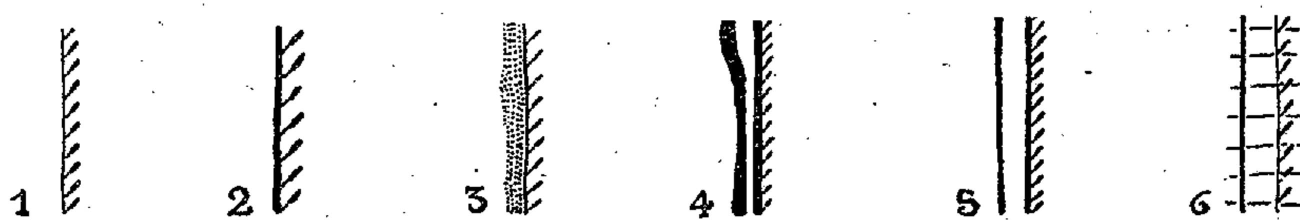
(1) Séance du 13 mars 1939.

(2) E. Chatton et A. Lwoff, *C. R. Soc. Biol.*, **118**, 1935, p. 1068-1072; *Bull. Soc. Fr. de Microscopie*, 5, 1936, p. 25-39.

(3) Voir ci-dessus p. 868, la Note de M. E. Chatton et Mlle J. Seguela.

Licnophora il existe des cinétosomes erratiques. Contrairement à ceux des Holotriches, les cinétosomes poussent en profondeur des racines ciliaires ou cinétorhizes, particulièrement chez le *Peritromus*.

Myonèmes. — Beaucoup d'Hétérotriches sont contractiles, et l'on sait que cette propriété est le fait des myonèmes qui suivent les stries ciliaires (*Spirostomum*, *Condylostoma*, *Stentor*). Mais quels sont exactement les rapports de ces myonèmes avec les cinéties et même en sont-ils distincts? La réponse diffère suivant les espèces étudiées : chez les Hétérotriches non contractiles tels que la *Fabrea salina* de Henneguy (*fig.* 1), la cinétie ne



Cinéties et myonèmes de quelques Ciliés Hétérotriches (*voir* le texte).

montre qu'un cinétodesme très mince, non contractile, que ce savant a cependant appelé *myonème*. Chez les *Spirostomum* et les *Condylostoma* contractiles, il n'existe encore qu'un cinétodesme, devenu épais et contractile, sans différenciation (*fig.* 2). Chez les *Blepharisma* (*fig.* 3), très déformables, le cinétodesme est rubanné. Mais ce n'est que chez les *Stentor* (*fig.* 4) et les *Folliculina* (*fig.* 5) qu'apparaît un myonème différencié du cinétodesme (déjà bien vu par Martin-Mayer, 1901), d'aspect identique, celui-ci étant plus épais que chez les formes précédentes. Enfin, chez le *Peritromus* (*fig.* 6), le cinétodesme, très fin, est accompagné par un myonème étroit. Perpendiculairement à ce système courent de fines fibrilles transversales. Chez les Hétérotriches à cinétome épars, comme les *Licnophora*, la contractilité est due aux racines des cils des membranelles unies en un faisceau central.

Chondriome. — Les mitochondries sont plus indépendantes du cinétome que chez les Holotriches ([4]). Seules les membranelles paraissent exercer sur elles une attraction. Cependant, chez les *Spirostomum* et chez le *Peritromus*, on retrouve des mitochondries appendues aux cinéties, comme chez les *Glaucoma*.

Argyrome. — Inexistant chez les *Spirostomum*, il est réduit à un cordon (argyrodesme) suivant le trajet de la cinétie chez de nombreux Hétéro-

([4]) E. Chatton et S. Brachon, *C. R. Soc. Biol.*, 118, 1935, p. 958-961.

triches tels que les *Fabres*, *Metopus*. Chez les *Condylostoma*, les *Chattonidium*, les cordons, plus larges, englobent les cinétosomes et projettent des expansions latérales qui, au pôle postérieur, s'anastomosent en réseau.

L'argyrome des *Cœnomorpha* est un réseau à mailles assez grandes sur la face dorsale, très fines sur la face ventrale, celui des *Licnophora* est à très petites mailles.

Différents modes de stomatogénèse. — Chez les Hétérotriches à cinéties longitudinales, l'ébauche buccale peut être formée par multiplication des cinétosomes d'une seule cinétie (*Spirostomum*, *Chattonidium*), ou de deux à quatre cinéties sur toute la longueur de celles-ci (*Condylostoma*, *Peritromus*).

Chez les *Fabrea* et les *Stentor*, tout un champ de cinéties entre en prolifération, mais sur une faible longueur et suivant une direction oblique. Dans ces deux derniers cas, il y a régression de l'ancien péristome.

Enfin, chez les Hétérotriches à cinétosomes erratiques (*Licnophora*), l'ébauche buccale est formée par rassemblement, multiplication et agencement en bandes, de cinétosomes erratiques, préalablement dispersés sur l'argyrome, exactement comme chez l'Hypotriche du genre *Opisthotricha* étudié ici-même par Chatton et Seguela (³).

Mais, quel que soit le mode de la stomatogénèse, celle-ci se réduit, en dernière analyse, à une prolifération de cinétosomes préexistants, soit investis dans les cinéties, soit erratiques sur l'argyrome, ce qui vérifie, pour ce qui est des Hétérotriches, la thèse de la continuité génétique du cinétome formulée et soutenue par Chatton et Lwoff en ce qui concerne les Holotriches et les Acinétiens, par Chatton et moi-même en ce qui concerne les Péritriches (⁵) et ici-même par Chatton et Seguela pour ce qui est des Hypotriches.

ENTOMOLOGIE. — *Sur le polymorphisme de certains Coléoptères Bostrychides.* Note (¹) de M. **Pierre Lesne**, présentée par M. Louis Bouvier.

Certains Bostrychides offrent de remarquables particularités de variation sexuelle que j'ai signalées autrefois ici-même (²) sous le nom de

(⁵) Chatton et Mme S. Villeneuve-Brachon, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 538-541.

(¹) Séance du 13 mars 1939.

(²) *Comptes rendus*, 1er avril 1901.

pœcilandrie périodique, nom que j'ai proposé depuis ([3]) de changer en celui de pœcilandrie métamérique afin d'en mieux marquer le caractère spécial.

En principe, le mâle des *Bostrychopsis*, *Heterobostrychus* et *Schistoceros* se distingue de la femelle par des caractères affectant à la fois la tête, le prothorax et les élytres, savoir : chez le mâle un front simple, un prothorax armé de cornes en avant, des élytres munis de tubercules sur leur déclivité apicale; chez la femelle un front tumescent ou garni d'une vestiture spéciale, un prothorax sans cornes et des élytres sans tubercules.

Or les mâles de certaines espèces appartenant à ces mêmes genres peuvent apparaître sous quatre formes principales que j'ai appelées mâles hétéromorphes, céphalogynes, hémigynes et homéomorphes. Les premiers possèdent la totalité des caractères secondaires du mâle; chez les seconds, ces caractères sont remplacés, sur la tête, par ceux de la femelle; chez les hémigynes, c'est à la fois la tête et le prothorax qui offrent exactement les attributs femelles tandis que les élytres conservent ceux du mâle; enfin, chez les homéomorphes, les élytres eux-mêmes deviennent semblables à ceux de la femelle et le mâle prend toute l'apparence extérieure de celle-ci.

On ne connaît pas d'espèce possédant à la fois ces quatre formes mâles. Celle où la variation est la plus étendue, le *Bostrychopsis uncinata* Germ., a trois formes mâles correspondant à la femelle *Castelnaui*, l'hétéromorphe, l'hémigyne et l'homéomorphe, tandis que les *Bostrychopsis uncinata Gounellei* Lesne, *B. trimorpha* Lesne, *B. parallela* Lesne, *B. tonsa* Imh., *Heterobostrychus pileatus* Lesne et *Schistoceros malayanus* Lesne n'ont que les mâles hétéromorphe et hémigyne.

En deux cas, le dimorphisme masculin est un peu différent du précédent. Chez le *Bostrychopsis scopula* Lesne, il existe, outre le mâle hétéromorphe, un hémigyne imparfait, le gynomorphisme prothoracique étant incomplet par suite de la présence de cornes moitié moins longues que celles de l'hétéromorphe, les tarses antérieurs étant ceux de la femelle. Il y a ici une sorte d'atténuation au caractère de saltation habituel de la variation métamérique, atténuation qui se retrouve presque identique chez un autre *Bostrychopsis* du Nord-Est africain, le *B. Bozasi* Lesne.

D'autres espèces n'ont qu'une seule forme mâle connue fixée soit au stade céphalogyne (*Heterobostrychus unicornis* Wat., *Bostrychopsis tetraodon* Frm., *B. villosula* Lesne, *B. laminifer* Lesne), soit au stade hémigyne (*Schistoceros bimaculatus* Ol.).

([3]) *Les Coléoptères Bostrychides de l'Afrique tropicale française*, 1924, p. 22.

Enfin ne possèdent qu'un mâle hétéromorphe les *Heterobostrychus hamatipennis* Lesne, *Schistoceros anobioides* Wat., *Bostrychopsis confossa* Frm., *B. jesuita* F. etc.

Cette variation discontinue particulière, qui introduit dans une même entité spécifique jusqu'à trois sortes de mâles, se complique parfois d'un autre mode de variation, celle-là continue, je veux parler de la pœcilandrie de stature, qui, combinée à la pœcilandrie métamérique, donne naissance à de nouvelles formes. Chez les *Bostrychopis tonsa*, *B. parallela* et *Heterobostrychus pileatus* elle fournit quatre sortes de mâles : un hétéromorphe normal, un hétéromorphe major, un hémigyne normal, un hémigyne major.

Tandis que la pœcilandrie par variation continue est sous la dépendance de la taille, ce sont les signes secondaires femelles qui impriment à la pœcilandrie métamérique son caractère propre. Ici la variation a lieu par saltation, pouvant frapper successivement, en les transformant d'emblée dans l'intégralité de leurs attributs sexuels, les segments frontal, prothoracique et mésothoracique mâles qui prennent ainsi brusquement, l'un après l'autre, les caractères féminins.

Les deux modes de variation peuvent d'ailleurs interférer chez une même espèce, de telle sorte que, lorsque la taille du mâle s'élève, qu'il s'agisse de l'hétéromorphe ou de l'hémigyne, le prothorax acquiert un développement proportionnel plus grand que chez les mâles de taille moyenne ou petite.

Si l'influence causale du milieu peut-être invoquée dans le cas de la variation continue, c'est à un tout autre déterminisme qu'il faut attribuer la variation métamérique. On notera que l'ordre suivant lequel sont atteints les somites sensibles est le même que celui prévalant lors de la nymphose au cours de l'hystolyse puis de l'hystogénèse et, plus tard, de l'agonie normale. Dans tous ces faits de même observance chronologique le processus s'étend du métamère le plus âgé vers le plus jeune et paraît lié par conséquent à l'ontogénèse. Dans le cas de la pœcilandrie métamérique, tout se passe comme si, au cours d'un processus de réversibilité du sexe tel que ceux étudiés sous le nom d'intersexualité, le phénomène, progressant comme il vient d'être dit, était susceptible d'être interrompu tantôt à tel stade tantôt à tel autre.

On constate, par ailleurs, que chez certaines espèces, par exemple le *Bostrychopsis jesuita*, c'est le mâle qui reste invariable tandis que la femelle tend à acquérir par gradation les caractères du mâle, et que, chez d'autres (*B. confossa* Frm., *B. Reichei* Mars., *B. bengalensis* Lesne, etc.), ces

caractères masculins sont fixés chez la femelle à un stade unique plus ou moins voisin de celui du mâle hétéromorphe, comme si l'on se trouvait en présence d'intersexués normaux femelles s'opposant aux intersexués mâles dont il a été question plus haut.

Ces faits mettent en évidence le dynamisme dont font preuve les Bostrychides dont nous parlons et nous les montrent réalisant suivant un mode tout spécial une large expérience de réversibilité des signes sexuels.

ZOOLOGIE. — *Sur la physiologie de l'appareil parabasal de* Trypanophis Grobbeni *Poche*. Note (¹) de M. **Maurice Rose**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le genre *Trypanophis* Keysselitz est représenté par des Flagellés parasites des cavités digestives de certains Siphonophores. Chez *T. Grobbeni* Poche, on trouve, dans le cytoplasme, des inclusions particulières, les *cassettes* des auteurs. Ce sont de gros corps réfringents, alignés selon le grand axe du corps et s'étendant, chez les formes adultes, dans toute la longueur de la cellule. Elles prennent naissance tout à fait en avant du Protozoaire, cheminent vers l'arrière où souvent elles sont éliminées par petits paquets de 2 ou 3.

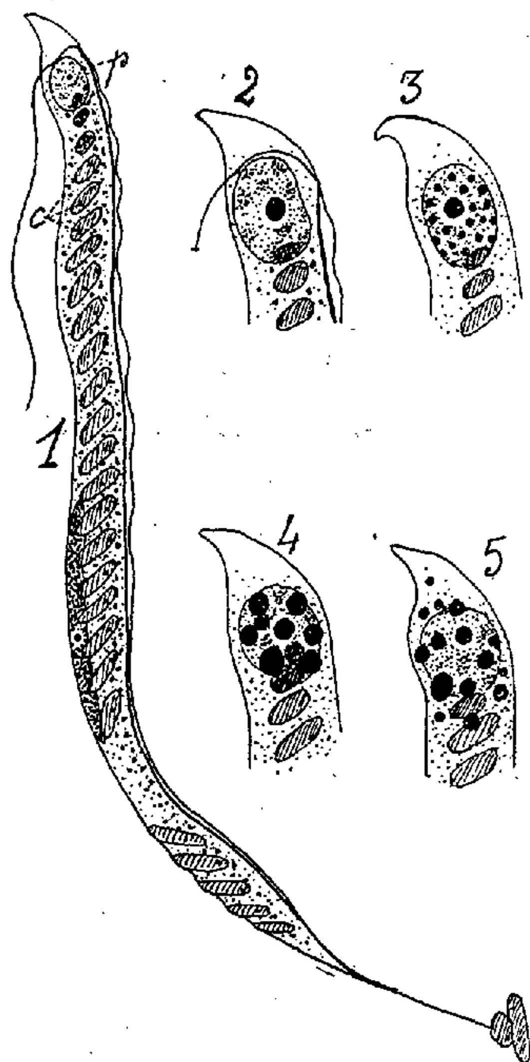
L'appareil parabasal est situé dans la région où prennent naissance les cassettes, vers le point d'insertion des flagelles, juste en arrière du bec par lequel le parasite se fixe aux tissus de son hôte.

Si l'on colore les *Trypanophis* par le vert Janus ou le Gram, selon la méthode que j'ai indiquée ailleurs (²), on constate que l'appareil parabasal se présente comme une masse ovoïde qui se teinte vivement par l'éosine, et formée d'un protoplasme dense presque homogène, ou pourvu de plages un peu plus foncées. Il renferme un gros globule, fortement colorable par le vert Janus, entouré d'une auréole claire.

Sur d'autres préparations, on voit le parabasal chargé de nombreux grains très colorés, répartis sur sa périphérie. Ces grains sont tous de même taille et vraisemblablement de même âge. Chez d'autres individus, ces grains sont plus gros et moins nombreux; ils semblent dériver des granules initiaux qui ont plus ou moins grossi et se sont plus ou moins fusionnés entre eux.

(¹) Séance du 13 mars 1939.
(²) *C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 975.

Certains spécimens montrent des grains moins abondants, de taille inégale et commençant à se détacher pour tomber dans le cytoplasme, où ils disparaissent rapidement. Entre les grains, la substance fondamentale



1. *Trypanophis Grobbeni* adulte, montrant l'organisation générale du Flagellé. *p*, appareil parabasal; *c*, cassettes. G. 1200. — 2. Appareil parabasal dépourvu de grains de sécrétion. G. 2000. — 3. Apparition de grains petits et nombreux dans l'appareil parabasal. G. 2000. — 4. Appareil parabasal chargé de grains volumineux. G. 2000. — 5. Émission des grains dans le cytoplasme, où ils semblent se dissoudre. G. 2000.

du parabasal redevient visible çà et là. Plus tard, elle sera purgée des grains qu'elle fabrique, et l'appareil parabasal réapparaîtra avec ses caractères initiaux.

Il semble que les cassettes, qui sont formées de plusieurs substances (protides et lipoïdes), empruntent une partie de leur matière aux grains sécrétés par le parabasal. En effet les très jeunes cassettes, placées tout contre l'organite sécréteur, ont des caractères tinctoriaux particuliers, mais qui disparaîtront peu à peu, à mesure qu'elles descendent dans le corps. D'autre part, si l'on fixe tardivement des *Tripanophis* agonisants, on voit que les cassettes en voie d'altération se résolvent à leur périphérie en une couche de granules, qui ont toutes les réactions colorées des grains sécrétés par le parabasal.

Tous ces faits plaident en faveur de l'interprétation suivante du fonctionnement de l'appareil parabasal de *T. Grobbeni*. Ce serait un organite glandulaire, élaborant, à partir de matériaux puisés dans les liquides de l'hôte parasité, des substances chimiques particulières, décelables en partie par leurs réactions colorantes spéciales. Elles apparaissent sous forme de grains rejetés dans le cytoplasme, où ils se modifient et se transforment en produits variables, plus ou moins élaborés. Certains sont incorporés aux cassettes qu'ils contribuent à construire.

La sécrétion parabasale ne paraît pas absolument continue. Il semble y avoir des périodes de fonctionnement plus ou moins intense, séparées par des repos plus ou moins longs. L'appareil parabasal apparaît ainsi comme une glande interne à sécrétion périodique.

A titre d'hypothèse, on peut supposer que l'alternance serait provoquée par la fixation et la précipitation sur les cassettes, des produits élaborés; et ainsi destruction d'un équilibre qui tendrait à s'établir.

Enfin il est indiscutable que, dans *T. Grobbeni*, existe un *gradient physiologique* intracellulaire longitudinal, comme on en connaît beaucoup d'exemples.

PHYSIOLOGIE. — *Nouvelle méthode biochimique de dosage de la vitamine C.* Note de Mme **L. Randoin** et M. **C.-P. Leblond**, présentée par M. Paul Portier.

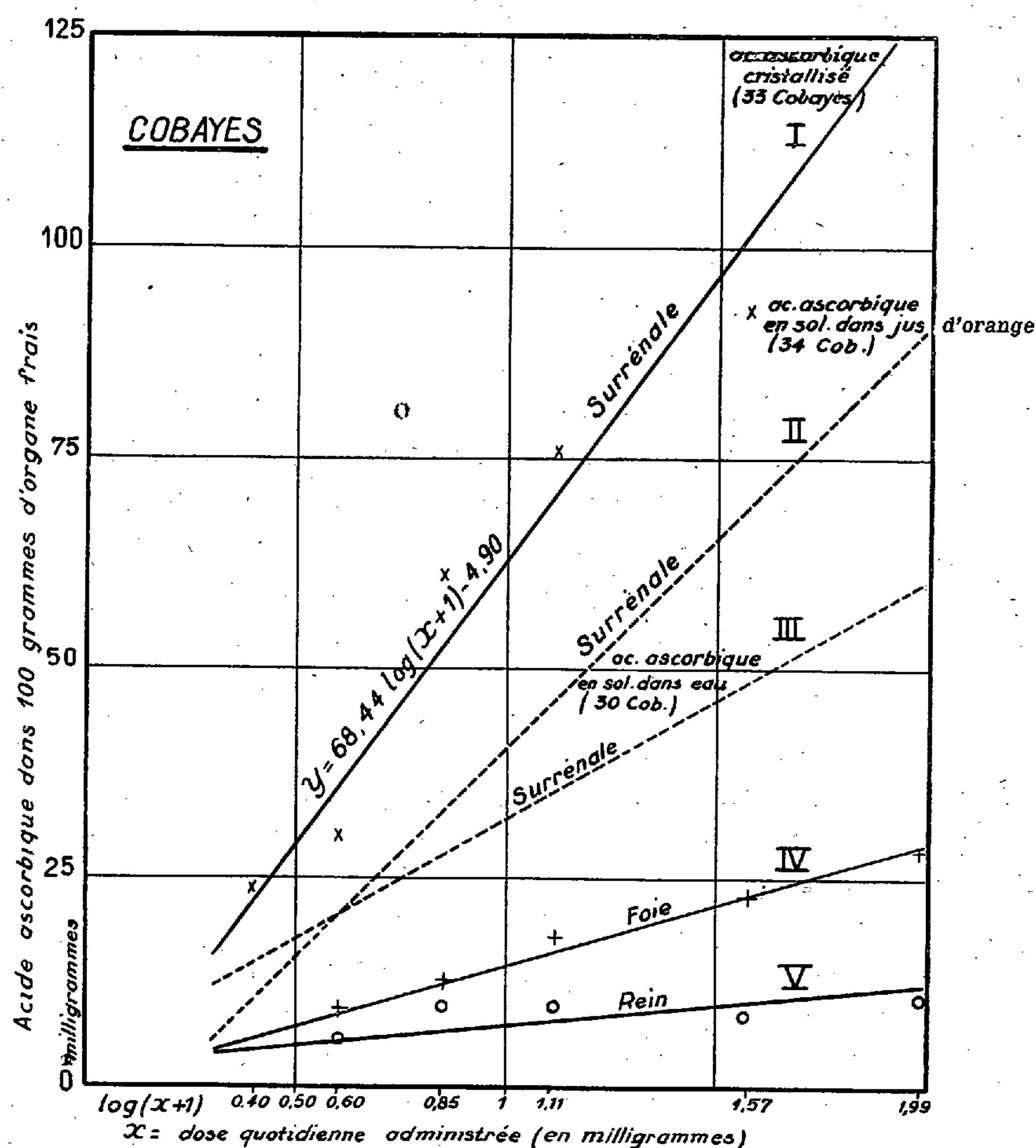
Lorsqu'un cobaye est soumis à un régime privé de vitamine C, la teneur en acide ascorbique de ses organes s'abaisse rapidement jusqu'aux environs de zéro. Si l'animal reçoit chaque jour de petites quantités d'acide ascorbique, le taux de ses organes en cette vitamine se stabilise au bout de deux à trois semaines, et ce taux stabilisé est d'autant plus élevé que les quantités d'acide ascorbique administrées ont été plus grandes (¹); on a ainsi pu montrer que le taux des organes variait comme le logarithme de la dose quotidienne d'acide ascorbique administrée à l'animal (²).

Nous avons pensé que l'existence d'une relation entre l'acide ascorbique ingéré et l'acide ascorbique fixé dans les organes pouvait permettre de

(¹) L. Randoin, A. Giroud et C.-P. Leblond, *Bull. de la Soc. de Chim. Biol.*, **17**, 1935, p. 1649.

(²) A. Giroud, C.-P. Leblond et R. Ratsimamanga, *Bull. de la Soc. de Chim. Biol.*, **20**, 1938, p. 1088.

calculer le premier dans le cas où l'autre est connu. Ainsi, en nourrissant des cobayes avec une quantité définie d'une substance dont on cherche à connaître la teneur en vitamine C, on pourra, d'après les valeurs de l'acide



ascorbique existant dans les organes, calculer la quantité d'acide ascorbique présente dans la substance étudiée. Pour ce calcul, une formule était nécessaire : l'établissement de cette formule a été précisément le but de ce travail.

Des cobayes de 400 à 500^{g} mis au régime scorbutigène de L. Randoin ont reçu des doses quotidiennes de 1^{mg},5; 3^{mg}; 6^{mg}; 12^{mg}; 36^{mg} et 96^{mg} d'acide ascorbique, incorporées avec soin au gâteau de régime; de cette façon la vitamine C a été apportée dans le tractus digestif sous une forme compa-

rable à celle où elle se trouve dans les aliments naturels. Dix-huit jours après le début de l'expérience, les animaux ont été sacrifiés et l'acide ascorbique a été dosé dans certains organes (surrénales, foie, reins) en utilisant la méthode au dichlorophénol-indophénol. Les résultats que nous avons obtenus sont mis en évidence dans le graphique ([3]).

Ce sont les valeurs trouvées dans la surrénale qui donnent les résultats les plus significatifs. Elles permettent d'établir, par la méthode des moindres carrés, la relation suivante entre le taux d'acide ascorbique des organes (y) et la dose quotidienne d'acide ascorbique administrée (x)

$$y = 68,44 \log(x+1) - 4,90.$$

Conclusion. — Si, pendant 18 jours, l'on donne à des cobayes des quantités définies d'une substance dont on veut connaître le contenu en acide ascorbique, il est possible, d'après le taux d'acide ascorbique trouvé par dosage chimique dans les organes, de calculer, à l'aide de la formule que nous avons établie, la teneur en vitamine C de la substance en question. Cette nouvelle méthode biochimique est bien spécifique et fournit des résultats quantitatifs absolument précis.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Coefficient d'aimantation spécifique de l'oxyhémoglobine.* Note ([1]) de Mlle **Paulette Berthier**, présentée par M. Charles Achard.

1. Nous avons utilisé pour nos expériences de l'oxyhémoglobine en beaux cristaux préparée par M. Piettre ([2]) à basse température avec toutes les précautions qu'il a indiquées pour éliminer les sources d'impuretés, l'échantillon ayant été conservé en chambre froide depuis sa préparation. La présence de ClK accroissant notablement la solubilité de l'oxyhémo-

([3]) Les courbes I, IV et V ont été tracées d'après nos résultats numériques; les courbes II (acide ascorbique en solution dans *jus d'orange*) et III (acide ascorbique en solution dans *eau*) d'après Giroud et collaborateurs (*Yale Journ. of Biol. and Med.*, **9**, 1937, p. 573; *Bull. de la Soc. de Chim. Biol.*, **20**, 1938, p. 1088).

Les courbes I, II et III ont été établies par la méthode des moindres carrés; les courbes IV et V sont approximatives.

([1]) Séance du 13 mars 1939.

([2]) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 307

globine dans l'eau, l'oxyhémoglobine a été dissoute dans un milieu solvant constitué par une solution de ClK.

Les mesures magnétiques ont été faites au moyen de la balance de Curie et Cheneveau, la rotation de l'aimant étant produite par un démultiplicateur actionné à la main, qui permet d'obtenir une rotation à la fois très lente et très régulière. Les déviations de l'équipage mobile étaient observées avec une lunette comportant une règle graduée; l'observation du fil réticulaire de la lunette permettait d'apprécier sa position sur l'image de l'échelle graduée à 1/10e de millimètre près; enfin, tout l'appareil était installé dans un sous-sol, à l'abri des trépidations, dont la température restait parfaitement constante au cours d'une mesure.

2. Dans un flacon jaugé de 150^{cm^3}, on introduisait une certaine masse de cristaux d'oxyhémoglobine hydratés et on complétait le volume avec une solution de ClK de concentration connue (1 à 5^g pour 100^{cm^3}, suivant les expériences); une pesée du flacon faisait connaître la masse de la solution de ClK introduite. Pour reproduire le milieu solvant, on introduisait dans le même flacon jaugé la même masse de solution de ClK et on complétait le volume avec de l'eau. L'évaporation à 100°, puis dans le vide sec, d'un volume connu de la solution d'oxyhémoglobine en présence de ClK fournissait un résidu sec dont la masse permettait de calculer la masse d'oxyhémoglobine sèche et sa concentration c rapportée à l'unité de volume de la solution.

Désignons par k_1 et ρ_1 le coefficient d'aimantation et la masse spécifiques de la solution de ClK constituant le milieu solvant, par k_2 et ρ_2 le coefficient d'aimantation et la masse spécifiques de la solution d'oxyhémoglobine dans ce milieu solvant et par k le coefficient d'aimantation spécifique de l'oxyhémoglobine dont la masse dans l'unité de volume de la solution est égale à c; l'application de la loi dite *des mélanges* fournit la relation

$$k_2\rho_2 = kc + k_1(\rho_2 - c). \tag{1}$$

La balance magnétique permet d'obtenir directement les susceptibilités magnétiques $\chi_1 = k_1\rho_1$ de la solution de ClK constituant le milieu solvant et $\chi_2 = k_2\rho_2$ de la solution d'oxyhémoglobine dans ce milieu solvant. Introduisant ces susceptibilités magnétiques χ_1 et χ_2 dans l'équation (1) il est facile d'en tirer le coefficient d'aimantation spécifique k de l'oxyhémoglobine

$$k = \frac{\chi_2 - \chi_1 \dfrac{\rho_2 - c}{\rho_1}}{c}.$$

3. Nous donnons ci-dessous les valeurs obtenues pour quatre échantillons différents d'oxyhémoglobine.

Oxyhémoglobines.	c.	Solvant.	k.
1. Cristaux brunis.........	0,0051	ClK 5 pour 100	$+0,32.10^{-6}$
2. Cristaux rubis..........	0,0250	» 1 »	+0,37 »
»	0,0551	» 5 »	+0,36 »
3. Gros cristaux..........	0,0081	» 2,5 »	+0,34 »
4. Petits cristaux..........	0,0110	» 2,5 »	+0,34 »

Les mesures sont délicates et ne comportent pas une grande précision, car pour la solution la plus concentrée la déviation lue sur la règle ne diffère que de quelques millimètres à peine de celle fournie par le milieu solvant; exemple : déviation pour une solution d'oxyhémoglobine $\Delta_2 = 117^{mm},7$, déviation pour le milieu solvant $\Delta_1 = 118^{mm},8$. En prenant la moyenne des cinq valeurs précédentes on obtient, pour le coefficient d'aimantation spécifique de l'oxyhémoglobine, la valeur approchée $k = +0,34.10^{-6}$.

4. En raison des propriétés physiologiques de l'oxyhémoglobine, nous avons examiné l'action de certains gaz : CO^2 et SH^2. Dans un tube à essais renfermant 15^{cm^3} de la solution d'oxyhémoglobine, on faisait barboter bulle à bulle le gaz à étudier ($\theta = 5^\circ,8$). Nous donnons ci-dessous les valeurs obtenues pour le coefficient d'aimantation spécifique de l'oxyhémoglobine avant passage de tout gaz étranger (témoin) ou après barbotage pendant une minute de CO^2 ou de SH^2.

Solutions..........	Témoin.	CO^2.	SH^2.
k..........	$+0,32.10^{-6}$	$+0,58.10^{-6}$	$+1,04.10^{-6}$

Les expériences indiquent un accroissement très net du coefficient d'aimantation spécifique sous l'influence des gaz envisagés. Les solutions d'oxyhémoglobine soumises à l'action des courants gazeux précédents éprouvent rapidement des altérations se traduisant par un changement de couleur et par l'apparition d'un dépôt. Les mesures faites indiquent simplement que cette altération se manifeste tout d'abord par un accroissement du coefficient d'aimantation spécifique de l'oxyhémoglobine.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Essais de quelques substances comme précurseurs de l'acide ascorbique.* Note de M. **Adamantios Lemos**, présentée par M. Paul Portier.

Divers auteurs ont envisagé la possibilité d'une transformation dans l'organisme de certaines substances glucidiques en acide ascorbique. Les résultats obtenus sont contradictoires, Guha et Glosh [1] concluant à une augmentation du taux en acide ascorbique des tissus après administration de glucose ou mannose, Von Euler, Cartz et Malumberg [2], Ammont et Grave [3], Mentzer et Mlle Urbain [4] ne constatant aucune modification de ce taux après absorption de glucides.

Nous avons repris cette étude en employant comme animal d'expérience la civelle (forme jeune de l'anguille succédant immédiatement au stade leptocéphale), facile à conserver dans un milieu liquide de composition connue.

Pour cela, dans des aquariums de 1 à 2^l placés dans un sous-sol à une température maintenue aux environs de 18°, nous avons mis des solutions des diverses substances de concentrations différentes. Les substances utilisées sont les suivantes :

	Solutions.
Glucose, lactose, mannose..............	1 à 2,5 pour 1000
Sorbite, sorbose, diacétone-sorbose, acide diacétone gulosonique..............	0,1 à 0,5 »

Dans chaque expérience, nous avons mis un lot de dix civelles (longueur 7 à 8^{cm}) et nous avons effectué des dosages d'acide ascorbique suivant la méthode au bleu de méthylène de Mentzer et Vialard-Goudou [5]. La petite taille des animaux utilisés ne permettant pas d'opérer sur chacun des organes, nous avons effectué des dosages globaux sur la totalité du corps des animaux en expérience.

Dans chacun des lots de 10 civelles, 5 animaux sont sacrifiés le 3e jour

(1) *Current Sci.*, **2**, 1934, p. 390; *ibid.*, **3**, 1935, p. 251; *Nature*, **134**, 1934, p. 739, *ibid.*, **135**, 1935, p. 234.

(2) *Biochem. Zeitschr.*, **282**, 1935, p. 399.

(3) *Zeitschr. Vitaminsforschung*, **5**, 1936, p. 185.

(4) *C. R. Soc. Biol.*, **178**, 1938, p. 270.

(5) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **19**, 1937, p. 707.

et les 5 autres le 6e jour. L'acide ascorbique est dosé dans le corps de chacun de ces animaux et un dosage témoin est effectué sur des civelles conservées dans l'eau pure, dans les mêmes conditions de température.

La teneur moyenne en acide ascorbique des civelles témoins est de $3^{mg},5$ pour 100^{g}. Les résultats obtenus avec les civelles maintenues dans les différentes solutions figurent dans le tableau suivant.

Moyenne des teneurs en acide ascorbique exprimées en milligrammes pour 100^{g} *de tissu.*

	1 pour 1000.			2,5 pour 1000.	
	Glucose.	Lactose.	Mannose.	Glucose.	Lactose.
Après 3 jours.........	1,7	1,3	1,1	1,02	1,8
» 6 »	1,0	1,1	1,01	–	–

	0,1 pour 1000.			
	Sorbite.	Sorbose.	Diacétone sorbose.	Acide diacétone gulosonique.
Après 3 jours.........	3,1	2,7	4,59	3,7
» 6 »	2,8	3,9	4,67	3,6

	0,5 pour 1000.			
	Sorbite.	Sorbose.	Diacétone sorbose.	Acide diacétone gulosonique.
Après 3 jours.........	3,6	1,9	2,9	1,5
» 6 »	1,1	3,7	1,8	1,5

Ainsi qu'il ressort de l'examen de ce tableau, les substances étudiées (exception faite du diacétone sorbose) ne provoquent aucune augmentation de la teneur des civelles en acide ascorbique, mais, au contraire, un certain nombre d'entre elles provoquent une diminution nette. Les substances intermédiaires de la fabrication de l'acide ascorbique [sorbite, sorbose, acide diacétone gulosonique ([6])] ne produisent pas de modifications sensibles du taux de l'acide ascorbique des civelles.

Seul le diacétone-sorbose en solution à 0,1 pour 1000 a provoqué en six jours une augmentation de l'acide ascorbique des civelles. Cette augmentation est de l'ordre de 33 pour 100. Mais, à la concentration de 0, 5 pour 1000, ce produit se comporte comme les autres substances étudiées et provoque une nette diminution de la teneur des civelles en acide ascorbique.

En résumé, les différents glucides et les produits intermédiaires de la fabrication de l'acide ascorbique, sauf le diacétone sorbose dans les condi-

tions où nous les avons employés, n'augmentent pas le taux de l'organisme de la civelle en acide ascorbique.

Il serait intéressant de reprendre des expériences du même ordre sur des lots importants d'animaux de différentes espèces, en utilisant des modes divers d'administration et des concentrations variées.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Rôle de l'hypophyse dans le déterminisme du cycle génital femelle d'un Téléostéen*, Gobius paganellus *L.* Note de M. **Jean-Henri Vivien**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai décrit (¹) les effets de l'hypophysectomie sur le tractus génital ♂ et le comportement de *Gobius paganellus* L. ; je ne mentionnerai pas à nouveau, pour la femelle, les résultats concernant la pigmentation et la croissance, ainsi que les détails du contrôle expérimental, qui sont les mêmes dans les deux cas.

J'ai opéré deux lots de ♀ : un premier (10 ♀) entre le 5 et le 15 mai, avant la ponte ; un deuxième (20 ♀), entre le 18 juin et le 20 juillet, après la ponte ; 1 individu est mort au 10e jour ; 1, sur 19 individus sacrifiés, s'est montré incomplètement hypophyséoprivé ; 10 restent actuellement en expérience.

Premier lot. — 8 ♀ opérées avec succès. 5 avaient été surveillées en aquarium un mois avant l'opération et n'avaient pas pondu ; 3, prises à la mer, avaient subi une laparatomie exploratrice et un fragment de leur ovaire *gauche*, prélevé et fixé, a fourni des coupes témoins de l'état des gonades au jour de l'opération ; l'ovaire *droit* intact a servi à l'étude histologique des résultats expérimentaux.

Deuxième lot. — 10 ♀ opérées avec succès. 7, surveillées en aquarium depuis trois mois, avaient frayé et les œufs pondus s'étaient parfaitement développés ; 3, prises à la mer, avaient subi la laparatomie exploratrice.

Au cours du cycle normal, les dimensions maxima des ovocytes varient de la façon suivante : juillet, après la ponte, 100 à 120$^\mu$; septembre, 130$^\mu$ (à cette taille, on peut distinguer, dans le cytoplasme ovocytaire, le début du développement d'une zone périphérique granuleuse à plaquettes vitellines, qui ira croissant en importance, jusqu'à la maturité) ; octobre, 170$^\mu$; février, 550$^\mu$, et, près de la ponte, mai, 600 à 630$^\mu$. Après juillet, les ovo-

(¹) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1452.

cytes, non pondus, sont rapidement et totalement résorbés par les éléments folliculeux.

Les opérés du premier lot, autopsiés après environ deux mois, le 21 juillet, ne montrent aucune réduction du volume des ovaires par rapport au volume initial, mais l'aspect macro-granuleux que donnent, en transparence, les ovocytes mûrs a fait place à un aspect laiteux uniforme. Les coupes histologiques montrent une dégénérescence atrétique avancée des gros ovocytes, tandis que les jeunes ovocytes, de moins de 60^{μ}, sont restés intacts; la comparaison avec les fragments prélevés lors de la laparatomie prouve que l'atrésie frappe uniquement les éléments mûrs et que les éléments jeunes se trouvent bloqués à un stade inférieur à 60^{μ}.

Les opérés du deuxième lot ont été autopsiés 62 et 86 jours après l'hypophysectomie, entre le 18 août et le 21 septembre. La taille des ovaires est inférieure à celle des ovaires des témoins normaux et les coupes histologiques montrent que le nombre des jeunes ovocytes y est inférieur à la normale, leur taille ne dépassant pas 60^{μ}; rarement 80^{μ}, dans aucun cas, leur aspect ne permet de distinguer un début de vitellogénèse (ce fait ne peut être imputé à une déficience nutritive des opérés qui, à l'autopsie, présentent d'abondantes réserves graisseuses).

Il semble donc que l'ablation hypophysaire entraîne, au delà d'un certain seuil (60^{μ}), la dégénérescence des ovocytes et bloque à ce même seuil la croissance des éléments jeunes.

L'action de l'hypophyse sur le tractus génital ♀ présente du reste d'autres particularités; au cours d'expériences d'implantation d'hypophyses fraîches, j'ai relevé les faits suivants : 15 jours avant la période de ponte normale, on peut déclencher une ponte par l'implantation intramusculaire dorsale, ou intrapéritonéale, de 10 à 15 hypophyses; on obtient le même effet par l'implantation intracranienne, sous-arachnoïdienne, de 2 hypophyses seulement. Ces observations laissent à penser qu'il peut y avoir, sinon une spécificité absolue, du moins une différence d'activité entre les sécrétions hypophysaires éliminées par voie hydrencéphalocrine et hémocrine.

PHYSICO-CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Propriétés physico-chimiques de l'acide désoxycholique.* Note ([1]) de M. **Jean-Claude Vlès**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acide désoxycholique $C^{24}H^{40}O^{4}$, constituant normal de la bile, a un intérêt biologique important du fait que son noyau stérolique le relie d'une part aux hormones sexuelles, et d'autre part aux carbures cancérigènes (méthylcholanthrène); aussi avons-nous entrepris une étude physicochimique de ce corps.

Nous avons eu deux échantillons d'acide désoxycholique, l'un de Bœhringer (point de fusion entre 166° et 169°; pouvoir rotatoire dans l'alcool à 95°, $\alpha_D = +51°,9$), l'autre d'Hoffmann-Laroche (P. F. 166°; $\alpha_D = +51°,9$); ces chiffres sont un peu inférieurs aux chiffres classiques ([2]).

I. *Solubilité. Formation des gels.* — A la température ordinaire, l'acide désoxycholique est très peu soluble dans l'eau distillée, mais il le devient notablement par alcalinisation. En préparant à partir d'une solution alcaline une série de lots d'acide désoxycholique (2 pour 100) à des pH échelonnés entre 14 et 6, par addition d'acide chlorhydrique et de soude, on observe l'apparition d'une série de gels et de précipités; un gel limpide vers pH 7,5, se troublant pour des pH inférieurs, jusqu'à pH 6,5, et donnant au-dessous de cette valeur un précipité cailleboté. A pH 13,5 il se forme deux phases, la supérieure limpide, l'inférieure huileuse. La solution n'est donc stable et limpide qu'entre pH 8 et pH 13,5 (*fig.* 1). Ces gels et ces précipités sont tous réversibles. A titre de comparaison, on a essayé dans les mêmes conditions l'acide cholique : celui-ci n'a pas donné de gels, mais simplement, aux pH bas, un précipité blanc réversible.

II. *Courbes de coefficient-tampon.* — Les courbes de coefficient-tampon établies à l'électrode d'antimoine en différentiel, montrent une série de sommets à pH 6,60; 7,30; 9,40; 9,85; 10,4 (?); le pK du carboxyle est vraisemblablement dans le massif des deux premiers; il est possible que la cinétique de la gélification intervienne dans la réalisation de ceux-ci. Il y a en outre un profond minimum à 8,5, moyenne arithmétique des cinq

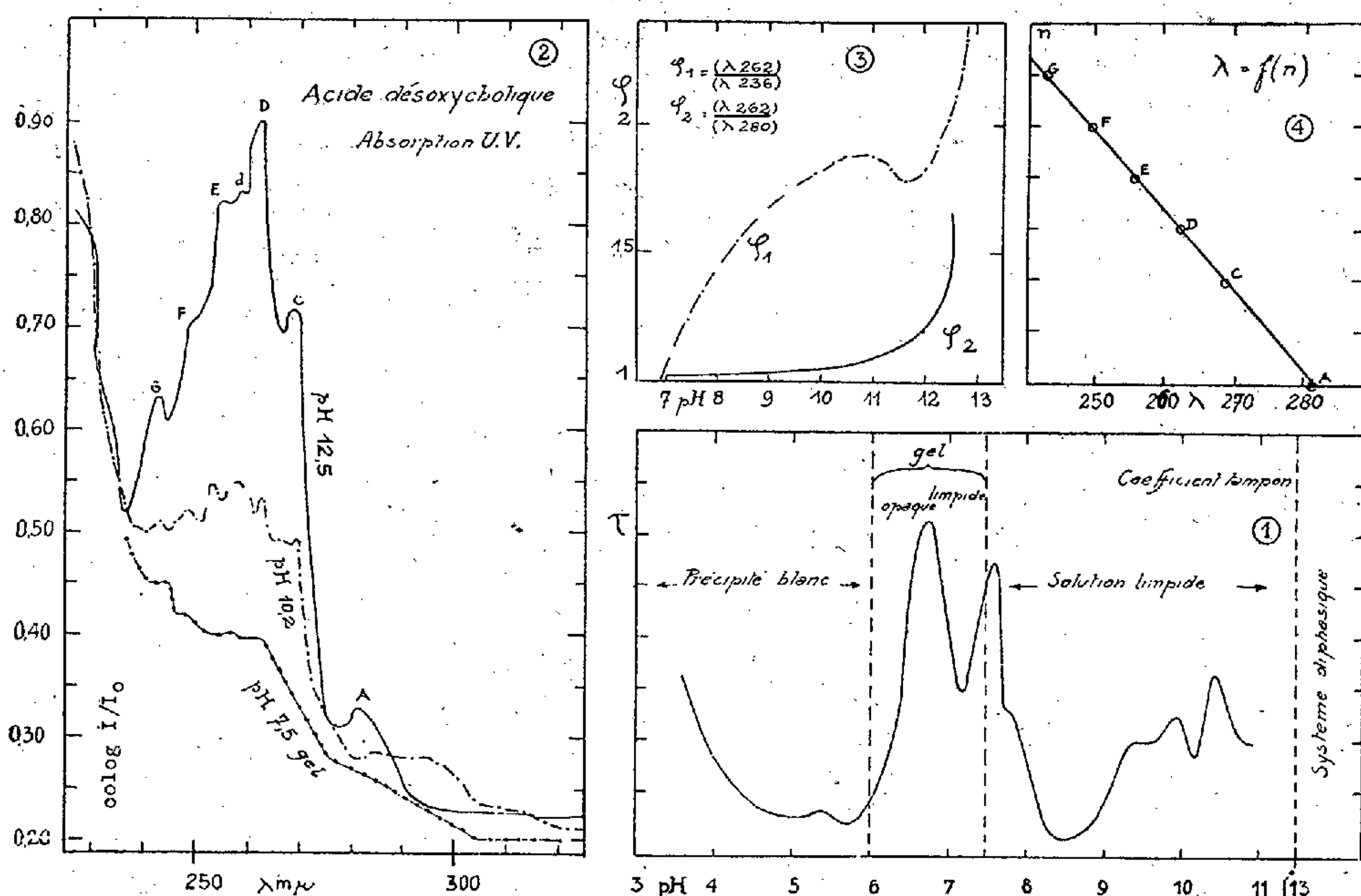
---

([1]) Séance du 13 mars 1939.

([2]) Fieser, *The Chemistry of Natural Products related to Phenantrene,* New-York, 1936; Abderhalden, *Biochemiches Handlexikon,* 3, p. 318, Berlin 1911; *International Critical Tables by the National Research Council,* 1, 1926, p. 270.

sommets précédents, et qui pourrait être interprétée à la manière d'un point isoélectrique (*fig.* 1).

III. *Spectres*. — Les courbes spectrophotométriques d'absorption ultraviolette, faites suivant une technique connue (³), montrent que l'acide désoxycholique a une zone d'absorption importante comprise entre $\lambda\,237^{m\mu}$ et $\lambda\,275^{m\mu}$, gros massif partiellement résoluble en un certain nombre



Acide désoxycholique. — Fig. 1, courbe de coefficient tampon; fig. 2, absorption ultraviolette à divers pH; fig. 3, rapports d'absorption φ; fig. 4, sériation des bandes étroites.

d'éléments étroits (*fig.* 2) : A, $281^{m\mu}$; C, 268,2; D, 261,8; E, 254,8; F, 248,5; G, 242,2; les bandes étroites répondent à une loi de série $\lambda = \lambda_0 + 6{,}5\,n$ (*fig.* 4). Cette structure spectrale est assez voisine de celle du méthylcholanthrène. En avant du massif de bandes étroites, vers les grands λ, existe un large plateau mal différencié. Les bandes étroites sont apparentes au maximum dans les pH élevés et s'amortissent très rapidement lorsque l'acide est reporté vers les pH bas. Le massif de bandes disparaît au moment de la formation du gel, où l'on n'a plus qu'une absorption progressive vers les courts λ. Au point de vue spectral, tout se passe comme si on avait un mélange en quantités variables d'une forme moléculaire à bandes étroites existant aux pH élevés, et d'une forme sans ces bandes aux pH

(³) F. Vlès, *Arch. Phys. biol.*, **11**, II, 1934, p. 77-110.

bas. L'étude du spectre par les rapports d'absorption montre pour certains d'entre eux $\{\varphi_1 = [\text{colog}(I/I_0)\,\lambda_{262}]/[\text{colog}(I/I_0)\,\lambda_{236}]\}$ une courbe en deux branches qui indique un système polyvalent (*fig.* 3).

Le spectre infrarouge, réalisé pour nous par M. Heintz, sur une mince couche de gel à la surface d'une lame de mica, présente des bandes à $\lambda = 3^{\mu},15$; $2^{\mu},9$; $2^{\mu},5$; $2^{\mu},3$; $2^{\mu},1$. Le calcul des pK électrolytiques à partir de trois de ces nombres (¹) donne des valeurs (6,73; 7,37; 9,22), très voisines de certains des pK déterminés par la courbe de neutralisation.

Toutes ces données concordent pour indiquer que l'acide désoxycholique a, dans l'échelle des pH, un comportement plus compliqué que ne le laisserait supposer son caractère d'acide monovalent, qu'il possède des modifications de structure moléculaire dont les unes correspondent à des solutions stables, et d'autres à des formes en gel. Au point de vue biologique, il faut remarquer que les pH de la bile et du contenu duodénal (pH 8-6) encadrent la zone des gels.

A $15^h 50^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place vacante dans la Section des Membres libres par le décès de M. *Paul Helbronner* présente, par l'organe de M. le Président, la liste suivante :

En première ligne...........	M. **Gustave Roussy.**
En seconde ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*.........	MM. **Joseph Bethenod**, **Joseph Bougault**, **Justin Jolly**, **Paul Lévy**, **Albert Pérard**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

E. P.

(¹) F. Vlès, *Arch. Phys. biol.*, 12, nos 2-3, 1935, p. 57.



Librairie-Imprimerie GAUTHIER-VILLARS
Tél. : DANTON 05-11 et 05-12 55, Quai des Grands-Augustins, PARIS (6e)

Collection des Publications du Ministère de l'Air

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES DU MINISTÈRE DE L'AIR

Fascicules In-8 (27×18,5) se vendant séparément :

1. **ROY (Maurice).** — **Recherches théoriques sur le rendement et les conditions de réalisation des systèmes motopropulseurs à réaction.** Préface de M. JOUGUET. In-8 de 214 p., avec 53 fig.; 1930. **30 fr.**

2. **GAY (A.).** — **Recherches sur l'hydrodynamique des liquides visqueux.** Préface de M. Henri VILLAT. In-8 de VI-126 pages; 1931 .... **25 fr.**

3. **ALAYRAC.** — **Étude des écoulements irrotationnels dans l'espace.** In-8 de IV-47 p., avec fig.; 1931. **20 fr.**

4. **GIRAULT (Maurice).** — **Méthode géométrique de tracés de profils d'ailes et de corps fuselés. — Essai sur la viscosité en Mécanique des fluides.** In-8 de 34 pages, avec figures et 7 planches; 1931... **25 fr.**

5. **REBUFFET.** — **Soufflerie aérodynamique à dynamomètres électrométriques du Service des recherches de l'Aéronautique.** Avec préface de A. ALAYRAC. In-8 de 126 p., avec 82 fig. et planches; 1932. **30 fr.**

6. **FROMY.** — **Déviations radiogoniométriques à bord d'avion.** In-8 de 46 pages, avec 12 figures; 1932. **20 fr.**

7. **GODCHOT et CAUQUIL.** — **Contribution à l'étude physico-chimique des carbures cyclamiques,** 42 p.

   CARRIÈRE et LAUTIÉ. — **Recherches des constituants des essences d'aviation par mesure de densités ou d'indices de réfraction ou de viscosités,** 22 pages.

   SCHMITT. — **Étude comparative des colonnes à distiller en vue de la séparation des carbures d'hydrogène,** 14 pages.

   Les trois Mémoires ensemble, formant un in-8 de 78 pages; 1932 .... **25 fr.**

8. **CARAFOLI (Élie).** — **Recherches expérimentales sur les ailes monoplanes, exécutées à l'Institut aérotechnique de Saint-Cyr.** Préface de M. TOUSSAINT. In-8 de 108 pages, avec 1 planche et 38 figures; 1932.............................. **25 fr.**

9. **MAGNAN (A.) et SAINTE-LAGÜE (A.).** — **Études des trajectoires et des qualités aérodynamiques d'un avion par l'emploi d'un appareil cinématique de bord.** In-8 de 104 pages, avec 72 figures et planches; 1932.................................... **25 fr.**

10. **TREMBLOT.** — **Applications des méthodes interférentielles à l'étude de l'écoulement des gaz aux grandes vitesses.** In-8 de 78 pages, avec 30 figures et 3 planches............................... **20 fr.**

11. **DUCHÊNE (R.).** — **Étude de la combustion des mélanges gazeux.** In-8 de 70 pages, 31 figures et 8 planches.................................. **20 fr.**

12. **MAGNAN (A.) et SAINTE-LAGÜE (A.).** — **Sur la distribution des vitesses aérodynamiques autour d'un avion en vol.** In-8 de 62 pages, avec 51 figures. **20 fr.**

13. **ALAYRAC (A.).** — **Étude des écoulements irrotationnels dans l'espace à trois dimensions** (suite de la publication n° 3). In-8 de 92 pages, avec 16 figures. **25 fr.**

14. **DAMIAN (J.).** — **Méthode d'appréciation des lubrifiants.** In-8 de 28 pages, avec 5 figures et 1 planche. **9 fr.**

15. **LEDOUX (Cdt Ch.).** — **Étude de la déformation des hélices.** In-8 de 128 pages, avec 54 figures; 1932. **30 fr.**

16. **PONCIN (H.).** — **Recherches sur le mouvement d'un fluide pesant dans un plan vertical.** In-8 de 108 pages, avec 16 figures; 1932.............. **25 fr.**

17. **CHAMPSAUR (N.).** — **Étude sur la transmission de la chaleur à l'eau de refroidissement dans un moteur d'aviation. Application à la comparaison des carburants. Mesures de la détonation.** In-8 de 108 pages avec figures et graphiques; 1932... **30 fr.**

18. **PONCIN (H.).** — **Sur les cavitations de forme permanente.** Préface de M. Henri VILLAT. In-8 de 126 pages, avec 15 figures; 1932........................ **25 fr.**

19. **HERZOG.** — **Sur l'oxydation électrochimique de la protection du fer et des duralumins dans les solutions salines aérées.** Préface de M. Georges CHAUDRON. In-8 de 88 pages, avec 18 figures et 6 planches; 1933.. **25 fr.**

20. **BASTIEN.** — **Études des alliages magnésium-aluminium-cuivre riches en magnésium.** Préface de M. Léon GUILLET. — **Contribution à l'étude des propriétés de fonderie des métaux et alliages.** Préface de M. Albert PORTEVIN. In-8 de 144 pages, avec 170 figures dont un diagramme; 1933..... **30 fr.**

21. **ANDANT (A.).** — **Application de l'effet Raman et de l'absorption ultraviolette à l'identification des carbures d'hydrogène.** Préface de M. A. COTTON. In-8 de x-76 pages, avec 71 figures; 1933..... **25 fr.**

22. **SADRON.** — **État actuel des recherches expérimentales sur les anneaux de tourbillons dans les gaz. Contribution à l'étude expérimentale des phénomènes aérodynamiques aux faibles vitesses.** In-8 de 52 pages, avec 19 figures; 1933............ **20 fr.**

23. **AUBERT (Jean).** — **Contribution à l'étude de la corrosion du fer. Potentiels du fer et des constituants de l'acier dans les divers milieux : passivité, activité.** Préface de M. A. TRAVERS. In-8 de 68 pages, avec 11 figures; 1933........................ **20 fr.**

24. **LAFAY (A.).** — **Prévision de l'action du vent dont la direction varie rapidement. Applications à l'effet Katzmayr et à l'autorotation. Obtention des aérogrammes par rétringence. Modification du sillage des corps,** première Partie. In-8 de 50 pages, avec 9 figures; 1933.............................. **20 fr.**

25. **NOGUES (P.).** — **Recherches expérimentales de Marey sur le mouvement dans l'air et dans l'eau.** In-8 de 120 pages, avec 14 figures; 1933........ **30 fr.**

26. **BOUASSE.** — **Tourbillons donnés par les jets de très petites vitesses (Currentilignes).** In-8 de 102 p., avec 45 figures; 1933 .... 25 fr.

27. **BOURDIOL.** — **Contribution à l'étude de la viscosité et de la congélation des huiles.** Préface de M. AUBERT. In-8 de 128 pages, avec 33 figures; 1933. 25 fr.

28. **HARDOUIN (Maurice).** — **Étude des flux d'épuration et de protection du magnésium et de ses alliages pendant leur fusion dans les creusets et leur coulée dans les moules.** Préface de M. R. DE FLEURY. In-8 de 56 pages, avec 18 figures, 14 planches et 6 tableaux; 1933 .... 20 fr.

29. **VASILESCO (Florin).** — **Sur le calcul du potentiel des vitesses en hydrodynamique.** In-8 de 36 pages, 1933 .... 15 fr.

30. **ROUSSILHE (H.).** — **Annales de la photographie aérienne (1931-1932).** Tome I. In-8 de 134 pages, avec 3 planches; 1933 .... 25 fr.

31. **CHAMPSAUR (N.).** — **Mesure de l'étanchéité intérieure des moteurs à explosion. Étude du gommage.** Préface de M. MARTINOT-LAGARDE. In-8 de 70 pages, avec 12 figures et 1 planche; 1933 ... 25 fr.

32. **CAILLON (André).** — **La fonderie du magnésium.** Préface de M. R. DE FLEURY. In-8 de 150 pages, avec 70 figures; 1933 .... 30 fr.

33. **BOUHET (Ch.) et LAFONT (R.).** — **Recherches sur l'étalement de l'huile de ricin et de diverses glycérines à la surface de l'eau.** In-8 de 52 pages, avec 31 figures; 1933 .... 18 fr.

34. **LECOMTE (Jean) et LAMBERT (Pierre).** — **Quelques applications des spectres d'absorption infrarouges à l'étude des constituants des essences (carbures à noyaux).** Préface de M. A. COTTON. In-8 de 142 pages, avec 87 figures et 1 tableau; 1933. 30 fr.

35. **DURAND (Georges).** — **Sur les petits mouvements d'un système infini de tourbillons autour d'une position d'équilibre.** In-8 de 26 pages; 1933... 15 fr.

36. **VERNOTTE (P.) et BLOUIN (E.).** — **Expériences sur le refroidissement d'un corps chaud par un courant d'air.** Préface de Ch. FABRY. In-8 de 90 pages, avec 6 figures, 3 graphiques et 4 planches; 1933. 25 fr.

37. **MONNIN (Marcel).** — **Les assemblages de bois.** Tome I. In-8 de 112 pages, avec 42 figures et 3 planches en dépliant; 1933 .... 25 fr.

38. **BOUTRY (G.-A.).** — **Mesure des densités photographiques par la méthode photoélectrique.** Préface de M. P. FLEURY. In-8 de 148 pages, avec 52 figures, 1934 .... 25 fr.

39. **CAZAUD.** — **Recherches sur la fatigue des aciers.** Préface de M. A. CAQUOT. In-8 de 166 pages, avec 101 figures et 5 tableaux; 1934 .... 30 fr.

40. **ROY (Madeleine).** — **Contribution à l'étude du vieillissement de l'huile de ricin.** In-8 de 68 pages, avec 10 figures; 1934 .... 18 fr.

41. **REBUFFET.** — **Moments aérodynamiques de différents gouvernes.** In-8 de 130 pages, avec 91 figures, 1934 .... 25 fr.

42. **GIGNEAUX (M.).** — **Recherches sur le capotage des moteurs en étoile à refroidissement par l'air.** In-8 de 56 pages, avec 34 figures; 1934 .... 20 fr.

43. **CARRIÈRE (E.).** — **Recherches sur les constituants des « Pétroles » et des « Gasoils ». Essai d'établissement d'une méthode d'analyse quantitative.** In-8 de 38 pages, avec 4 courbes; 1934 .... 15 fr.

44. **FOURNIER (H.).** — **Étude sur les essais d'emboutissage des métaux.** In-8 de 70 pages dont 41 tableaux et 12 planches; 1934 .... 20 fr.

45. **PARIS (René).** — **Contribution à l'étude des alliages ternaires.** In-8 de 94 pages, avec 59 figures, 26 tableaux et 8 planches; 1934 .... 25 fr.

46. **BRIAULT (Madeleine).** — **Contribution à l'étude du graissage.** In-8 de 38 pages, avec 6 figures et 15 courbes; 1934 .... 12 fr.

47. **LE ROLLAND (Paul) et SORIN (Pierre).** — **Étude d'une méthode utilisant le couplage pour la détermination de la résistance mécanique des constructions.** In-8 de 184 pages, avec 49 figures; 1934. 30 fr.

48. **ROULLEAU (Maurice).** — **Utilisation des substances phosphorescentes en aéronautique.** In-8 de 54 pages, avec 18 figures; 1934 .... 15 fr.

49. **ESTRADÈRE (Suzanne).** — **Recherches sur l'oxydation des carbures d'hydrogène et ses rapports avec la détonation des moteurs.** In-8 de 86 pages, avec 34 figures; 1934 .... 18 fr.

50. **SCHERER (Maurice).** — **Sur des propriétés magnéto-optiques des liquides. Application à l'analyse des carbures d'hydrogène.** In-8 de 102 pages, avec 24 figures; 1934 .... 20 fr.

51. **BOUHET et LAMARCHE.** — **Recherches sur l'étalement des composants de l'huile de ricin.** In-8 de 46 pages, avec 30 figures; 1934 .... 18 fr.

52. **LEPRINCE-RINGUET (L.).** — **Étude et contrôle des huiles de graissage par la mesure des tensions interfaciales huile-eau.** In-8 de 34 pages; 1934. 9 fr.

53. **GIRERD (H.).** **Contribution à l'étude expérimentale du biplan d'envergure infinie,** première Partie. In-8 de 140 pages, avec 3 figures et 6 planches; 1934. 25 fr.

53 *bis*. Deuxième Partie. Album de planches. In-8 de 8 pages avec LXXV planches; 1934 .... 25 fr.

54. **SCHMITT (Max).** — **Recherches sur la vaporisation des carbures d'hydrogène et des mélanges de carbures.** In-8 de 148 pages, avec 12 figures; 1934. 20 fr.

55. **LUNTZ (M.).** — **Recherches sur la résistance des fluides dans un mouvement non permanent. Méthode des profils virtuels.** In-8 de 68 pages, avec 16 figures; 1934 .... 15 fr.

56. **PORTES.** — **Contribution à l'étude expérimentale des interactions d'une sonde et d'un corps de révolution.** In-8 de 110 pages, avec 57 figures; 1934. 18 fr.

57. **MALAVARD.** — **Application des analogies électriques à la solution de quelques problèmes de l'hydrodynamique.** In-8 de 82 pages, avec 37 figures et XI graphiques; 1934 .... 15 fr.

58. **OGÉE.** — **Recherches sur la résistance et la fatigue des aciers au carbone.** In-8 de 78 pages, avec 35 figures et 12 reproductions mécanographiques; 1934... 15 fr.

59. **LEMAINS.** — **Recherches sur l'écoulement et les pertes de charge à travers les grilles et les filtres à mailles.** In-8 de 60 pages, avec 39 figures; 1934. 12 fr.

60. **WORONETZ.** — **Perturbations provoquées dans le mouvement d'un fluide par des variations de la température.** In-8 de 58 pages, avec 9 figures; 1934. 15 fr.

61. **CHARRIOU.** — **Étude de la sensibilisation chromatique et de la désensibilisation des émulsions photographiques.** In-8 de 240 pages, avec 73 fig., 1935. 25 fr.

62. **DURAND et LAÏ-WAÏ-HSUN.** — **Étude de l'oxydation par l'anhydride permanganique des hydrocarbures purs existant dans les essences et autres carburants.** In-8 de 46 pages, avec 5 fig.; 1935. 10 fr.

63. **BRUN.** — **Phénomènes thermiques provoqués par le déplacement relatif d'un solide dans un fluide.** In-8 de 94 pages, avec 38 figures; 1935 .... 18 fr.

64. **GOLDOWSKI.** — **Contribution à l'étude de la corrosion.** In-8 de 154 pages, avec 77 figures; 1935. 20 fr.

65. **SADRON (Ch.).** — **Turbulence et frottement turbulent. Théorie de Karman.** In-8 de 74 pages avec 21 figures; 1935 .... 15 fr.

5. **MAMAN (André).** — **Contribution à l'étude des hexanes et de quelques carbures d'hydrogène.** In-8 de 64 pages avec 11 figures et tableaux; 1935. **12 fr.**

7. **BOUASSE (H.).** — **Phénomènes dans les fluides tournants.** In-8 de 234 pages avec 98 fig.; 1935. **25 fr.**

8. **SANTON (Lucien).** — **Contribution expérimentale à l'étude des souffleries supersoniques.** In-8 de 96 pages avec 49 figures; 1935 .... **18 fr.**

9. **DONCESCU.** — **Détermination des températures de gaz pendant la détente dans les moteurs à explosion.** In-8 de 72 pages avec figures; 1935 .... **12 fr.**

•. **ELCHARDUS (Émile).** — **Recherches sur l'analyse thermique des alliages ternaires. Application aux alliages magnésium, silicium, zinc, riches en magnésium.** In-8 de 140 pages avec 129 figures; 1935. **20 fr.**

1. **LUNTZ (M.) et SCHWARZ.** — **L'hydrodynamique du cylindre tournant.** In-8 de 42 pages avec 40 figures et 16 photographies; 1935 .... **12 fr.**

•. **PORTIER (Henri).** — **Les transpositions de matériaux en construction.** In-8 de 166 pages avec 74 figures; 1935 .... **20 fr.**

3. **VALENSI (Jacques).** — **Étude de l'écoulement de l'air autour d'une hélice.** In-8 de 258 pages avec 186 figures; 1935 .... **25 fr.**

4. **ALAYRAC (A.).** — **Études des écoulements irrotationnels dans l'espace à trois dimensions** (suite des n°s 3 et 13). In-8 de 124 pages; 1935 .... **20 fr.**

5. **DE FLEURY (R.).** — **Le magnésium dans les constructions aéronautiques.** In-8 de 120 pages, avec 61 figures; 1935 .... **20 fr.**

6. **DUCHÊNE (Émile).** — **Étude expérimentale sur la stabilité transversale des avions.** In-8 de 102 pages, avec 34 figures; 1935 .... **18 fr.**

7. **SERRUYS (M.) et TCHANG TE LOU.** — **Influence des caractéristiques atmosphériques sur la puissance des moteurs à explosion.** In-8 de 42 pages, avec 19 figures; 1935 .... **10 fr.**

8. **LAURE (Yvon).** — **Contribution à l'étude de l'explosion des mélanges hydrocarburés.** In-8 de 74 pages, avec 45 figures; 1935 .... **15 fr.**

9 **LAFAY.** — **Balance aérodynamique permettant le tracé continu des polaires. Effets singuliers produits par de très légères modifications de structure du vent. Contribution expérimentale à l'aérodynamique du cylindre et à l'étude du phénomène de Magnus.** In-8 de 56 pages, avec 18 figures; 1935. **15 fr.**

8. **GRANIER (J.).** — **Recherches sur les propriétés diélectriques du caoutchouc.** In-8 de 62 pages, avec 25 figures; 1935 .... **12 fr.**

1. **GIRARD (A.).** — **Les constituants de la rouille.** In-8 de 80 pages avec 49 figures .... **15 fr.**

2. **COLOMBIER (L.).** — **L'état passif des métaux. Étude de la passivité du nickel.** In-8 de 104 pages avec 11 figures; 1936 .... **15 fr.**

3. **DELFOSSE (M.).** — **Sur le couple des roulements à billes.** In-8 de 72 pages avec 35 fig.; 1936 .. **12 fr.**

4 **NICOLSKY (V.-A.).** — **Recherche des contraintes dans les poutres de hauteur variable.** In-8 de 62 pages avec 24 figures; 1936 .... **10 fr.**

5. **Mlle L. DOUSSIN et Fernand FOURNIER.** — **Observations sur le laminage des alliages magnésium-aluminium.** In-8 de 26 pages avec 15 figures et 12 planches; 1936 .... **12 fr.**

6. **NÉNADOVITCH (Miroslav).** — **Recherches sur les cellules biplanes rigides d'envergure infinie.** In-8 110 pages avec 65 figures et 146 planches; 1936. **25 fr.**

87. **DEMONTIS (Jean).** — **Recherches sur l'influence de l'angle d'ouverture d'un ajustage divergent, sur l'écoulement à deux dimensions de l'air à travers cet ajustage.** In-8 de 72 pages, avec 35 figures; 1936 .... **12 fr.**

88. **GIRARD (Jean).** — **Enduits cellulosiques pour toiles d'avions.** In-8 de 22 pages, avec 8 figures; 1936. **6 fr.**

89. **BLONDEL (Robert).** — **Étude du système antimoine-étain-zinc et contribution à l'étude des antifrictions à base de zinc.** In-8 de 86 pages, avec 48 figures et 2 planches; 1936 .... **15 fr.**

90. **CHARRON (Fernand).** — **Électromètre. Plan-sphère à suspension bifilaire.** In-8 de 20 pages, avec 6 figures; 1936 .... **6 fr.**

91. **PROT et GOLDOWSKI.** — **Étude de la susceptibilité corrosive des métaux par la méthode colorioscopique et par la méthode des éprouvettes minces.** In-8 de 56 pages, avec 33 figures; 1936 .... **12 fr.**

92. **SACKMANN (Louis).** — **L'écoulement des fluides au voisinage des points singuliers des obstacles.** In-8 de 108 pages, avec 53 figures; 1936 ...... **18 fr.**

93. **HÉRENGUEL (Jean).** — **Sublimation et distillation du magnésium et du calcium.** In-8 de 70 pages, avec 25 figures et 2 planches; 1936 .... **12 fr.**

94. **DUCHÊNE (P.).** — **Étude expérimentale de la combustion dans les moteurs à injections.** In-8 de 22 pages, avec 13 figures; 1936 .... **6 fr.**

95 **CRAUSSE (E.).** — **Contribution à l'étude expérimentale de phénomènes transitoires et de phénomènes périodiques se produisant dans les liquides en mouvement.** In-8 de 112 pages, avec 53 figures; 1959 .... **15 fr.**

96. **LABARTHE (André).** — **Nouvelles Méthodes de Mesures Mécaniques.** Préface de M. BÉGHIN In-8 de 276 pages, avec 283 figures; 1936 .... **25 fr.**

97. **TCHANG TE LOU.** — **Contribution à l'étude de l'allumage et de la combustion dans les Moteurs à explosion.** In-8 de 136 p., avec 36 fig.; 1936. **18 fr.**

98. **BAUBIAC (J.).** — **Étude expérimentale en régime transitoire du sillage et de la résistance des corps immergés.** In-8 de 100 p., avec 45 fig.; 1936. **15 fr.**

99. **ANDANT (A.).** — **Application de la spectrographie Raman à l'Analyse des essences minérales.** In-8 de 70 pages, avec 27 figures; 1936 .... **15 fr.**

100. **SCHWARZ (P.).** — **Recherches sur les tourbillons alternés.** In-8 de 142 p., avec 58 fig.; 1937 ... **20 fr.**

101. **ESTRADÈRE.** — **Étude thermique de l'Oxydation lente des Carbures d'hydrogène.** In-8 de 66 pages, avec 43 figures; 1937 .... **12 fr.**

102. **ROCARD et MORLON.** — **Étude de Silencieux pour Moteurs d'Aviation.** In-8 de 42 pages, avec 16 figures; 1937 .... **10 fr.**

103. **SERRUYS.** — **La Combustion détonante dans les Moteurs à explosion.** In-8 de 232 pages, avec 122 figures; 1937 .... **25 fr.**

104. **LEDOUX.** — **Procédés pratiques de mesures précises de la vitesse de diffusion des gaz à travers les membranes.** In-8 de 68 p., avec 16 fig.; 1937. **15 fr.**

105. **TRICHÉ.** — **Application de l'Analyse spectrographique à l'étude des alliages.** In-8 de 76 pages, avec 29 figures; 1937 .... **12 fr.**

106. **SUPPER.** — **Photoélasticimétrie et apsidométrie.** In-8 de 72 pages, avec 48 figures; 1937 ...... **12 fr.**

107. **ROULLEAU.** — **Action des basses températures rencontrées en photographie aérienne sur la sensibilité des émulsions.** In-8 de 92 pages, avec 54 figures; 1937 .... **15 fr.**

108. **RIABOUCHINSKY (D.).** — **Améliorations des qualités aérodynamiques des profils d'aile à grandes vitesses.** In-8 de 138 pages. avec 96 fig., 7 vues stéréoscopiques et 7 planches; 1937 .... **20 fr.**

109. **ROSSIGNOL (J.).** — **Recherches de la forme d'équilibre de deux tourbillons cylindriques.** In-8 de 58 pages; 1937 .... **10 fr.**

110. **VAGNER.** — **Résistance des sphères en mouvement accéléré dans un fluide.** In-8 de 132 pages, avec 52 fig.; 1937 .... **15 fr.**

111. **A. FORTIER.** — **Contribution à l'étude de la viscosité de l'air et des gaz.** In-8 de 82 pages, avec 25 figures; 1937 .... **15 fr.**

112. **BRUN (Edmond).** — **Phénomènes thermiques provoqués par le déplacement relatif d'un solide dans un fluide** (suite de la Publication N° 63). In-8 de 38 pages, avec 15 figures; 1937 .... **10 fr.**

113. **CHARRON (Fernand).** — **Perfectionnements à l'électromètre bifilaire pour haute tension.** In-8 de 17 pages, avec 5 figures; 1937 .... **6 fr.**

114. **CHARTIER (Charles).** — **Chronophotogrammétrie plane et stéréoscopique.** In-8 de 192 p., 118 fig., 95 pl. et 18 reproductions photographiques; 1937 ... **25 fr.**

115. **SERRUYS (Max).** — **Étude expérimentale de l'allumage par point chaud dans les moteurs à explosion.** In-8 de 52 p., avec 47 fig.; 1937 .. **10 fr.**

116. **CHARRIOU (A.) et VALETTE (Suzanne).** — **Films indéformables pour la photographie aérienne.** In-8 de 110 pages, avec 37 figures; 1937 ..... **20 fr.**

117. **CAPELLE (Jean).** — **Étude de la Génération des engrenages par la méthode des roulettes.** In-8 de 138 pages, avec 107 figures; 1938 .... **18 fr.**

118. **RIABOUCHINSKY.** — **Contribution à l'étude des hélices.** In-8 de 130 pages, avec 110 figures et 16 planches; 1938 .... **25 fr.**

119. **BRUN (E.).** — **Répartition des températures sur une aile d'avion. Application aux phénomènes de givrage.** In-8 de 54 pages, avec 44 figures; 1938. **12 fr.**

120. **RAVILLY (E.).** — **Contribution à l'étude de la rupture des fils métalliques soumis à des torsions alternées.** In-8 de 198 pages, avec 95 figures; 1938 .... **30 fr.**

121. **LABAT (J.).** — **Applications aérodynamiques de la méthode de chronophotogrammétrie plane.** In-8 de 106 pages, avec 33 figures et 27 photographies; 1938 .... **20 fr.**

122. **CHAILLOUX (Mlle).** — **Le module d'élasticité des alliages légers et sa variation avec la température.** In-8 de 28 pages, avec 7 figures; 1938 ..... **8 fr.**

123. **SILBER (R.).** — **Étude de l'adaptation et du fonctionnement de l'ensemble : Planeur-Moteur-Propulseur.** In-8 de v-322 pages, avec 216 figures; 1938 .... **40 fr.**

124. **CHARRIOU (A.) et Mlle S. VALETTE.** — **Recherches sur la gélatine photographique.** In-8 de 62 pages, avec 20 figures; 1938 .... **12 fr.**

125. **COSTE (H.).** — **Étude générale sur les segments de moteurs.** In-8 de 102 pages, avec 62 figures; 1938 .... **20 fr.**

126. **SILBER (R.).** — **Étude expérimentale d'une maquette d'avion complet.** In-8 de 196 pages, avec 157 figures; 1938 .... **28 fr.**

127. **CAMICHEL (C.) et ESCANDE (L.).** — **Similitude hydrodynamique et technique des modèles réduits.** In-8 de III-368 pages, avec 416 figures; 1938. **50 fr.**

128. **VALENSI (Jacques).** — **Application de la méthode des filets de fumée à l'étude des champs aérodynamiques (maquettes d'avions, ailes d'avions).** **30 fr.**

129. **GRARD (Jean).** — **Vieillissement artificiel et naturel des enduits acétocellulosiques pour toiles d'avions.** **12 fr.**

130. **CAILLON (André).** — **La fusion industrielle du magnésium et ses moulages en sable** ..... **30 fr.**

131. **CHARRON (Fernand).** — **Recherches sur un procédé de détermination de l'onctuosité des lubrifiants** .... **10 fr.**

132. **PESCHARD (Marcel).** — **Mémoire sur l'énergie d'activation des hydrocarbures et l'indice d'octane.** **12 fr.**

133. **HABREKORN (R.).** — **Étude sur la mesure de la souplesse des vernis pour métaux** .... **12 fr.**

134. **PIVKO (S.).** — **Contribution à l'étude de l'hélice dans le domaine du point fixe et de son interaction avec l'aile sustentatrice** .... **35 fr.**

135. **DUBOIS (G.).** — **Contribution à l'étude de la turbulence en soufflerie** .... **20 fr.**

OUVRAGES INTÉRESSANT L'AVIATION ET LA NAVIGATION AÉRIENNE

ANNUAIRE POUR L'AN 1939, publié par le *Bureau des Longitudes*. In-8 (19-13) de 684 pages, avec 5 cartes célestes en couleurs, 2 cartes magnétiques de la France et de l'Indochine, 2 Notices scientifiques; 1939.

Broché .... **25 fr.** | Cartonné ...... **35 fr.**

BANKS (F. R.). — **Moteurs d'aviation modernes et carburants.** Traduit par G. THÉNAULT et J. JOURNEAU. — Conférence faite devant *The Institution of Petroleum Technologists, The Institution of Automobile Engineers, The Royal Aeronautical Society*. Un volume in-8 (27-18,5) de 112 pages, avec figures .... **40 fr.**

ÉPHÉMÉRIDES AÉRONAUTIQUES 1939, d'après la **Connaissance des Temps pour 1939**, publiées par le *Bureau des Longitudes* pour le Ministre de l'Air. In-8 (17-23) de II-730 pages, avec supplément sous carton de 24 pages; 1939 .... **100 fr.**

ÉPHÉMÉRIDES NAUTIQUES ou **Extrait de la Connaissance des Temps pour 1939**, publiées par le *Bureau des Longitudes*, spécialement à l'usage des Marins. In-8 (25-16) de 150 pages, 2 planches; 1938 .... **19 fr.**

DUVAL (A.-B.), Lieutenant de vaisseau de réserve, Pilote-Aviateur, et **HEBRARD (L.)**, Capitaine au 21e Régiment d'Aviation, Pilote-Aviateur. — **Traité pratique de navigation aérienne.** Un volume in-8 (25-16) de VI-212 pages, avec 142 figures, 7 planches, 3e édition; 1935 ..... **50 fr.**

DEMTCHENKO (Basile), Docteur ès sciences. — **L'Alimentation en combustible des moteurs d'aéronautique par le système A. M.** Préface de M. P. DUMANOIS. Un volume in-8 (25-16) de XXVI-240 pages, avec 75 figures dans le texte. Cartonné .... **90 fr.**

POINTIS (Jean). — **Cours supérieur de pilotage aux instruments. La maîtrise du P. S. V..** Un volume in-8 (25-16) de 106 pages .... **45 fr.**

Collection des Publications du Ministère de l'Air (*suite*)

BULLETINS TECHNIQUES DU MINISTÈRE DE L'AIR

Fascicules in-4 (31×21) se vendant séparément :

. **ALAYRAC** (le Commandant). — L'atmosphère Standard du Service technique.......... 12 fr.

2. **ROBERT** (le Lieutenant-Colonel). — Aérodynamique. Recherches expérimentales (Fascicule I : *Profils d'ailes*)............................ (*Epuisé.*)

. **GRARD** (le Colonel). — L'unification et les produits Standards dans la mobilisation industrielle de l'Aéronautique .... 15 fr.

. **RIABOUCHINSKY** (D.). — Aperçus théoriques sur la Mécanique des fluides..................... 25 fr.

. **ROBERT**. — Aérodynamique. Recherches expérimentales (Fascicule III : *Profils d'ailes. Maquettes d'avions et hydravions*)......................... 25 fr.

5. **ALAYRAC** (le Lieutenant-Colonel). — Étude théorique du vol plané dans une atmosphère en mouvement...................................... 20 fr.

5. **ROBERT**. — Aérodynamique. Recherches expérimentales (Fascicule IV : *Résistance à l'avancement de fils métalliques fuselés*)......................... 20 fr.

. **HUGUENARD** (E.), **MAGNAN** (A.) et **PLANIOL** (A.). — Les appareils à fils chauds, leur application à l'étude des mouvements atmosphériques. (*Épuisé.*)

5. **BEYNE**, Médecin principal; **MAZER**, Ingénieur, et **GRENIER** (M.). — Inhalation d'oxygène pour le vol à haute altitude.................... (*Épuisé.*)

7. **WACHE**. — Contribution à l'étude de la dissolution de l'aluminium et de ses alliages dans les acides.. 15 fr.

9. **ALAYRAC**, Ingénieur en chef H. C. de l'Aéronautique. — Étude théorique du vol par battements.. 15 fr.

. **LAPRESLE** (A.). — Études expérimentales des voilures tournantes......................... 15 fr.

3. **LAPRESLE**. — Contribution à l'étude expérimentale du champ aérodynamique autour d'un profil sustentateur.............................. 25 fr.

4. **FRANK**. — La traversée aérienne de l'Atlantique Nord... 20 fr.

5. **ROCARD** et **ROTHSCHILD** (de). — Rôle de la lumière diffuse par l'atmosphère dans la visibilité.. 20 fr.

6. **HUGUENARD** (E.), **PLANIOL** (A.) et **MAGNAN** (A.). — Étude sur les manographes et les indicateurs de pression......................... 15 fr.

8. **PRIS**. — Recherches expérimentales sur la théorie des surfaces portantes. Récupération de l'énergie tourbillonnaire......................... (*Epuisé.*)

9. **HUGUENARD** (E.), **PLANIOL** (A.) et **MAGNAN** (A.).— Étude sur les accélérations et les vitesses angulaires du vent naturel................ 15 fr.

0. **ETEVÉ**. — Amélioration du rendement des moteurs à explosion.................................. 15 fr.

1. **FRAICHET** (L.). — Détermination rationnelle des éléments d'un filetage....................... 15 fr.

2. **LECŒUVRE** et **CAZAUD**. — Recherches métallographiques sur l'aluminium et ses alliages. 30 fr.

3. **LEYGUES** (le Lieutenant). — Études sur les hélices métalliques............................ (*Epuisé.*)

4. **DUCHÊNE** (R.). — Contribution à l'étude des déflagrations dans les mélanges carburés gazeux. 18 fr.

5. **LEROUX** (E.). — Note sur l'adaptation des hélices aériennes. L'action de l'hélice dans le vol piqué des avions.................................. 15 fr.

6. **SABATIER** (J.). — Étude sur les moyens d'éviter les incendies à bord des avions................. 15 fr.

7. **STAPFER** (P.). — Analyse des expériences aérodynamiques faites en vol à bord du dirigeable « Méditerranée »................................ 25 fr.

58. **MAGNAN** (A.). — Étude de théorie du poisson. 75 fr.

59. **BRISSOT** (A.). — Étude sur les longueurs de roulement au décollage et à l'atterrissage des avions. (*Epuisé.*)

60. **LEDUC** (R.). — Contribution à l'étude des poutres prismatiques.................................. 30 fr.

61. **FRAICHET**. — Erreurs de mesures. Erreurs et tolérances de fabrication des calibres. Interchangeabilité des pièces filetées................. 20 fr.

62. **MAGNAN** (A.). — Détermination expérimentale des polaires d'avions en vol...................... 30 fr.

63. **DUPONT**. — Application des tourbillons conjugués à l'aérodynamique du cercle et des profils. Construction de profils d'ailes. Mesure des pressions de section médiane d'une aile................ 40 fr.

64. **AMIEL** (J.), **GHEORGHIU** (T. D.) et **ANDANT** (A.). — Oxydation du benzène. Absorption des spectres visibles de quelques huiles minérales. Spectres d'absorption ultraviolets de quelques carbures d'hydrogène .... 25 fr.

65. **LANDWERLIN** (H.) et **SUARD** (L.). — Essais et calculs des roues et des organes amortisseurs. 20 fr.

66. **LAPRESLES** (A.). — Girouette aérodynamique et stabilité de forme des planeurs............ 35 fr.

67. **RIABOUCHINSKY** (D.). — Aperçus théoriques sur la Mécanique des fluides............... 30 fr.

68. **CAZAUD**. — Recherches sur la fatigue des métaux .... 25 fr.

69. **MAGNAN** (A.) et **SAINTE-LAGUË** (A.). — Hodographes et polaires d'avions................ 30 fr.

70. **FRAICHET** (L.). — Interchangeabilité des pièces filetées .... 15 fr.

71. **MAGNAN** (A.). — Résistance à l'avancement et puissance des poissons.................. 50 fr.

72. **PROT** (Marcel). — Contribution à l'étude expérimentale des forces électromotrices de dissolution .... 40 fr.

73. **HUGUENARD** (E.), **PLANIOL** (A.) et **MAGNAN** (A.). — Appareils pour la mesure des phénomènes atmosphériques............................. 25 fr.

74. **MAGNAN** (A.). — Le vol des oiseaux et le vol des avions.. 120 fr.

75. **CHAMPSAUR** (N.). — Mesure des quantités de chaleur évacuées par l'eau et par l'huile dans les moteurs d'aviation......................... 45 fr.

76. **DAVIOT**, **SCHNERB** et **BASTIEN**. — Théorie succincte de la navigation aérienne......... 8 fr.

77. **DUPONT** (Paul). — Contribution à l'étude du vol en atmosphère agitée. Texte............... 20 fr.
Atlas de 41 planches.......................... 80 fr.

78. **MIRLES** (A.). — Contribution à l'étude du givrage. 15 fr.

79. **CHARRIOU** (A.) et M[lle] **S. VALETTE**. — Observation rapide de négatifs en photographie aérienne. 12 fr.

80. **BALDIT** (Albert). — Les sondages à deux théodolites à la Banne d'Ordanche.............. 15 fr.

81. **RETEL** (René). — Contribution à l'étude de l'injection dans les moteurs Diesel............ 18 fr.

82. **SALEZ** (Jacques). — Résultats de mesures en vol de couples de moteurs.......................... 10 fr.

83. **PRIS** (R.). — Aérodynamique expérimentale. TOME I... 45 fr.

83 *bis* **PRIS** (R.). — Aérodynamique expérimentale. TOME II, atlas de planches .... 45 fr.

N. B.— *Les publications du Ministère de l'Air ne sont fournies qu'en compte ferme. Aucun retour ne pourra être accepté*

N° 12.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 20 Mars 1939).

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

NOMINATIONS.

ÉLECTIONS.

CORRESPONDANCE.

N° 12.

TABLE DES ARTICLES (suite).

CORRESPONDANCE (suite).

COMITÉ SECRET.

1939

PREMIER SEMESTRE

COMPTES RENDUS
HEBDOMADAIRES
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS

TOME 208

N° 13 (27 Mars 1939).



PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Quai des Grands-Augustins, 55

1939

RÈGLEMENT RELATIF AUX COMPTES RENDUS

ADOPTÉ DANS LA SÉANCE DU 13 JUILLET 1835
ET MODIFIÉ DANS LES SÉANCES DES 24 FÉVRIER 1840, 23 JUIN 1862, 24 MAI 1875, 8 JUIN 1925.

Les *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie* se composent des extraits des travaux de ses Membres et de l'analyse des Mémoires ou Notes présentés par des savants étrangers à l'Académie.

Chaque cahier ou numéro des *Comptes rendus* a 48 pages ou 6 feuilles en moyenne.

26 numéros composent un volume.

Il y deux volumes par année.

Article 1. — *Impression des travaux de l'Académie.*

Les extraits des Mémoires présentés par un Membre ou par un Associé étranger de l'Académie comprennent au plus *quatre* pages par numéro.

Un membre de l'Académie ne peut donner aux *Comptes rendus* plus de *dix* Notes par année.

Toute Note manuscrite d'un Membre de l'Académie ou d'une personne étrangère ne pourra paraître dans le *Compte rendu* de la semaine que si elle a été remise le jour même de la séance.

Les Rapports ordinaires sont soumis à la même limite que les Mémoires; mais ils ne sont pas compris dans les *dix* Notes accordées à chaque Membre.

Les Rapports et Instructions demandés par le Gouvernement sont imprimés en entier.

Les extraits des Mémoires lus ou communiqués par les Correspondants de l'Académie comprennent au plus *trois* pages par numéro.

Un Correspondant de l'Académie ne peut donner plus de *huit* Notes par année.

Les *Comptes rendus* ne reproduisent pas les discussions verbales qui s'élèvent dans le sein de l'Académie; cependant, si les Membres qui y ont pris part désirent qu'il en soit fait mention, ils doivent rédiger, séance tenante, des Notes sommaires, dont ils donnent lecture à l'Académie avant de les remettre au Bureau. L'impression de ces Notes ne porte en rien préjudice au droit qu'ont ces Membres de lire, dans les séances suivantes, des Notes ou Mémoires sur l'objet de la discussion.

Les Rapports relatifs aux prix décernés ne sont imprimés dans les *Comptes rendus* qu'autant que l'Académie l'aura décidé.

Les Notices ou Discours prononcés en séance publique ne font pas partie des *Comptes rendus*.

Article 2. — *Impression des travaux des Savants étrangers à l'Académie.*

Les Notes des personnes qui ne sont pas Membres ou Correspondants de l'Académie ne peuvent pas dépasser *deux* pages *et demie*. Le nombre des Notes d'un même auteur ne peut être supérieur à *cinq* par année.

Les Membres qui présentent ces Mémoires sont tenus de les réduire au nombre de pages requis. Le Membre qui fait la présentation est toujours nommé; mais les Secrétaires ont le droit de réduire cet extrait autant qu'ils le jugent convenable, comme ils le font pour les articles ordinaires de la correspondance officielle de l'Académie.

Article 3.

Le *bon à tirer* de chaque Membre doit être remis à l'Imprimerie le mercredi avant midi; faute d'être remis à temps, le titre seul du Mémoire est inséré dans le *Compte rendu* actuel, et l'extrait est renvoyé au *Compte rendu* suivant et mis à la fin du cahier.

Article 4. — *Planches et tirage à part.*

Les *Comptes rendus* ne contiennent ni planches, ni figures.

Des figures ne pourraient être exceptionnellement autorisées que si elles étaient déposées sur le Bureau en même temps que la Note présentée. L'espace occupé par ces figures compte alors pour l'étendue réglementaire.

Le tirage à part des articles est aux frais des auteurs; il n'y a d'exception que pour les Rapports et les Instructions demandés par le Gouvernement.

Article 5.

Tous les six mois, la Commission administrative fait un rapport sur la situation des *Comptes rendus* après l'impression de chaque volume.

Les Secrétaires sont chargés de l'exécution du présent règlement.

Nota. — *La page comprend* 38 *lignes de* 67 *lettres ou intervalles.*

AVIS AUX AUTEURS

Les références bibliographiques des Notes destinées aux *Comptes rendus* doivent être aussi complètes que possible et comprendre, par exemple pour les Périodiques, l'indication du tome, de l'année et de la page.

(*Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1057.)

Les auteurs qui ne se conformeront pas à cette règle seront exposés à voir leurs Notes retardées jusqu'à ce que les indications jugées nécessaires et signalées *sur les épreuves* aient été fournies.

Les savants étrangers à l'Académie qui désirent faire présenter leurs Mémoires par MM. les Secrétaires perpétuels sont priés de les déposer au Secrétariat au plus tard le samedi qui précède la séance, avant 5 heures. Autrement la présentation sera remise à la séance suivante.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 MARS 1939.

PRÉSIDENCE DE M. AUGUSTE BÉHAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

L'Académie a été informée du décès, survenu le 3 mars dernier, de son Associé étranger, M. **Edmund Beecher Wilson.**

Edmund Beecher Wilson était né à Geneva dans l'Illinois, aux États-Unis, le 19 octobre 1856 et il avait été élu Associé étranger de notre Compagnie pour la Section d'Anatomie et Zoologie le 25 juin 1928. Toute sa carrière se passa dans l'étude de la biologie et il fut professeur de zoologie à la Columbia University de New-York. Son œuvre scientifique est des plus importantes et il était considéré comme le biologiste américain le plus remarquable. Tout le monde s'inclinait devant son nom aussi bien aux États-Unis que dans l'Univers entier. Son œuvre est si considérable que je ne puis en donner qu'un aperçu faible et incomplet. Son premier travail remonte à 1884; il est relatif au développement d'un Alcyonaire pennatulide, le *Renilla reniformis;* puis il étudie le Ver de terre et il est conduit à rechercher l'origine du mésoblaste chez d'autres Annélides à embryogénie moins condensée et il aborde ses travaux sur la segmentation d'œufs d'Annélides marines appartenant au genre *Nereis*. Il suit cette segmentation, cellule par cellule, et Wilson trace avec sûreté la correspondance des premiers blastomères aux diverses ébauches de l'embryon et de l'adulte. Cette conception des descendances cellulaires (*cell-lineage*) a été étendue depuis à une quantité d'animaux appartenant aux groupes les plus variés, permettant les comparaisons les plus importantes, et l'on peut dire que tout un chapitre d'embryogénie moderne est sorti de ces travaux.

Une question était en 1892 à l'ordre du jour : celle du sort des blastomères isolés d'œufs en segmentation à des stades divers 2, 4, 16. La notion qui résultait de l'étude du développement du type *Nereis*, de régions bien localisées de l'œuf, développement en mosaïque, s'accordait bien avec le fait que chaque blastomère isolé donne un embryon imparfait, correspondant sensiblement à ce qu'il aurait donné dans l'organisme total.

Wilson, confirmant une expérience antérieure de H. Driesch sur l'*Amphioxus*, montre qu'un blastomère isolé donne un embryon complet, mais nain, et il forme à ce propos la théorie des substances organo-formatives, dont il peut y avoir plusieurs dans l'œuf. La condition nécessaire pour qu'un blastomère ou un fragment d'œuf donne un embryon complet c'est qu'aucune de ces substances ne lui fasse défaut, sinon l'embryon formé est incomplet. L'embryon n'est donc pas préformé dans le protoplasme dès le début de l'évolution, et son développement doit être considéré comme un processus d'épigénèse.

L'œuvre principale de Wilson est relative à la détermination du sexe de l'embryon. On a cru pendant longtemps qu'il pouvait n'être déterminé que tardivement, puis ensuite qu'il devait être déterminé au plus tard au moment de la fécondation, et l'on en ignorait le mécanisme. Il trouve que les spermatozoïdes d'un même animal se partagent en deux catégories, qui se distinguent par une particularité dans le système des chromosomes et qu'il désigne par X et Y; dans les ovules on a une paire de chromosomes semblables XX. Après fécondation, il y aura des œufs avec XX, futures femelles, d'autres avec XY, futurs mâles. Dans certains types le système est inversé, ce sont les ovules qui ont des chromosomes divers X et Y et ce sont les spermatozoïdes qui n'en ont qu'un X, et le produit est le même XY et XX. Il y a là, sur une base objective, une théorie qui s'accorde pour le mieux avec l'hérédité mendélienne.

Enfin il convient de mentionner qu'il a publié un *Traité de la cellule* dont la troisième édition a paru en 1925. C'est un livre dont l'ordonnance, la clarté, la hauteur de vues ont apporté une large contribution à la science à laquelle il a consacré toute sa vie.

Au nom de l'Académie des Sciences, j'adresse mes condoléances à sa famille pour la perte de l'homme qui honora la Science et sa Patrie.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Arnold Frederik Holleman**, Professeur de Chimie à l'Université d'Amsterdam, Correspondant pour la Section de Chimie, qui assiste à la séance.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Diagramme de l'écoulement d'un gaz dans une tuyère rotative.* Note (¹) de M. **Maurice Roy.**

On considère un *gaz parfait* en écoulement *par tranches, permanent* et *adiabatique* dans une *tuyère en rotation uniforme*. Soient, à la distance r de l'axe de rotation pour le centre de la section droite (de dimensions petites par rapport à r), Ω, u, w, a, l'aire de la section droite, la vitesse d'entraînement (périphérique) de la tuyère tournante, la vitesse relative du courant, la vitesse du son dans le gaz.

Affectant de l'indice zéro ces grandeurs en une section de référence arbitraire, posons

$$\xi = \frac{r}{r_0} = \frac{u}{u_0}, \qquad \sigma = \frac{a_0 \Omega}{w_0 \Omega_0}, \qquad \psi = \frac{u}{a_0}, \qquad \varphi = \frac{w}{a_0}.$$

Les équations de l'écoulement réversible, depuis l'origine (section de référence) et en l'absence de discontinuités, s'écrivent en notations adimensionnelles

$$(1) \qquad \alpha^{-2} = (\sigma\varphi)^{\gamma-1} \qquad (\gamma, \text{ rapport des chaleurs spécifiques}),$$

$$(2) \qquad \frac{2}{\gamma-1}\,\frac{1}{(\sigma\varphi)^{\gamma-1}} + \varphi^2 = \left(\frac{2}{\gamma-1} + \varphi_0^2 - \psi_0^2\right) + \psi^2.$$

L'équation (2) se représente sur le diagramme très simple de la figure 1, où l'on porte sur trois demi-axes rectangulaires adjacents, à même échelle pour simplifier, les grandeurs φ, ξ et ψ (à droite, en bas, à gauche). Étant donnés $\psi_0 = u_0/a_0$; $\varphi_0 = w_0/a_0$ et $\sigma_0 = 1/\varphi_0$, on trace, dans le quadrant inférieur gauche, la droite (D_0) cotée ψ_0 faisant avec l'axe ξ l'angle arc tang ψ_0; dans le quadrant supérieur gauche, la parabole (B_0) d'ordonnée $[2/(\gamma-1) + \varphi_0^2 - \psi_0^2 + \psi^2]$; enfin, dans le quadrant supérieur droit, les courbes (A) cotées σ et d'ordonnée $[2/(\gamma-1)(\sigma\varphi)^{\gamma-1} + \varphi^2]$.

Partant du point 1 sur l'axe ξ et passant de cet axe à (D_0), puis à (B_0), puis à la courbe (A_0) cotée $\sigma_0 = 1/\varphi_0$, enfin à l'axe φ, par un trajet composé de segments alternativement horizontaux et verticaux, on rencontre les axes ψ et φ en ψ_0 et φ_0, qui caractérisent l'état de référence de l'écoulement.

En une autre section, définie par ξ et σ, on part de ξ par un trajet

(¹) Séance du 20 mars 1939.

analogue dévié à 90° sur (D_0), puis sur (B_0), puis sur la courbe (A) de cote σ et on lit directement ψ et φ sur les axe intéressés.

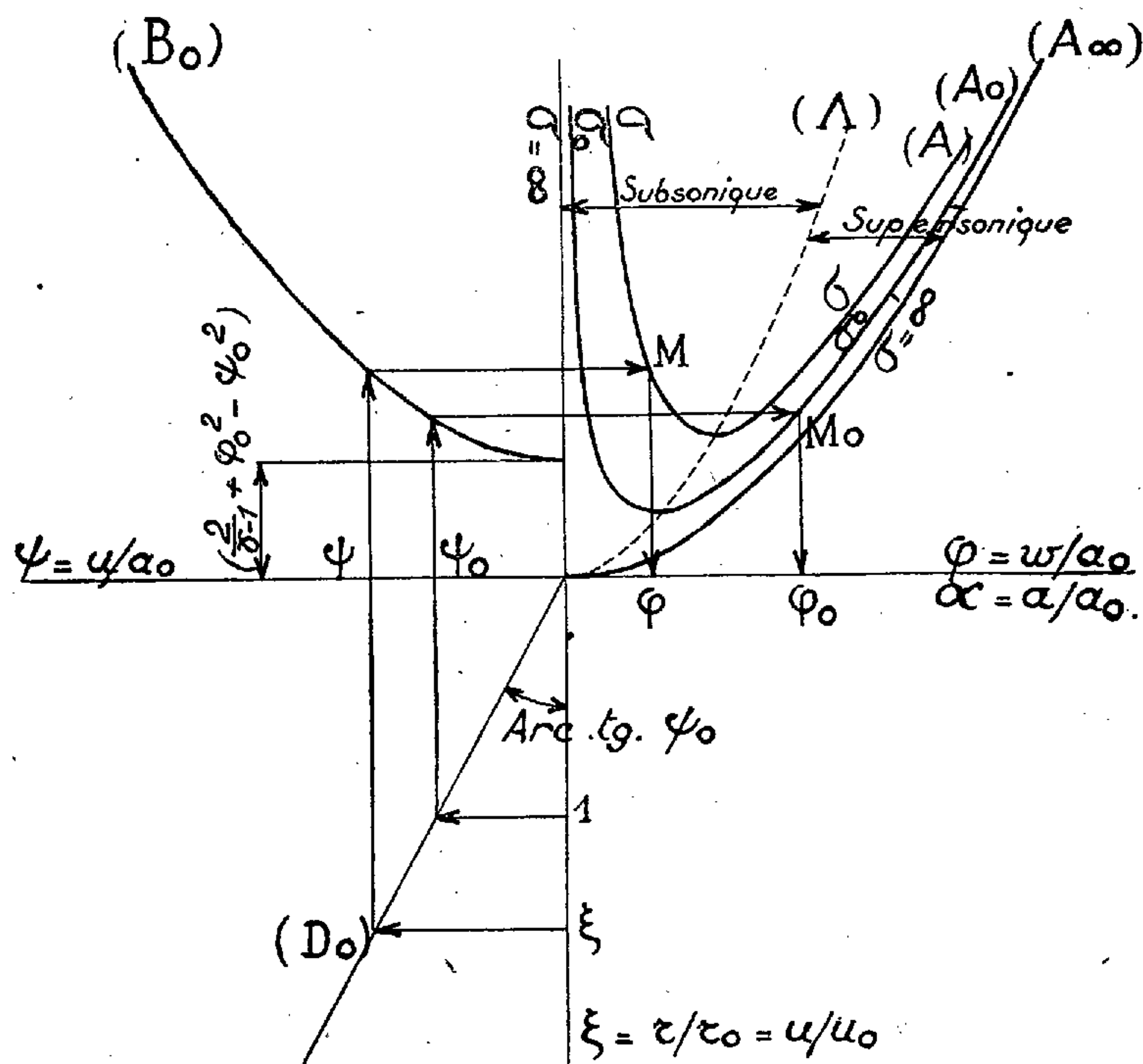


Fig. 1.

La construction du diagramme est rapide, toute courbe (B_0) s'obtenant en particulier par translation verticale d'une demi-parabole symétrique de la courbe (A_∞) qui correspond à $\sigma = \infty$. L'utilisation du diagramme est évidemment aisée.

On démontre facilement que le lieu du minimum des courbes (A) est la demi-parabole (Λ), d'ordonnée égale à $[(\gamma+1)/(\gamma-1)]$ fois celle de (A_∞). Sur (Λ) la vitesse du fluide est égale à celle du son et cette courbe sépare les domaines subsonique (à gauche) et supersonique (à droite).

De même, le lieu des points pour lesquels le rapport $w/a = \mu$ a une valeur constante est la parabole d'ordonnée $[\varphi^2(1 + 2/(\gamma-1)\mu^2)]$.

Pour estimer, en un point tel que M_1 (*fig.* 2), la vitesse du son, il suffit de rappeler M_1 en P_1 sur (Λ) par une parabole parallèle à (A_∞) et de lire, sur l'axe φ et à l'échelle de $\varphi = w/a_0$, l'abscisse $\alpha = a/a_0$ de P_1.

Toutes les propriétés précédentes restent vraies [sauf la signification absolue

de la cotation σ des courbes (A)] lorsque le courant traverse une *onde de choc* (stationnaire et orthogonale, par hypothèse). Les points représentatifs M_1 et M_2 des états amont et aval du courant sur une telle onde sont sur une même horizontale et se correspondent par la construction simple de la figure 2. A partir de M_1, M_2 s'obtient par l'intersection de l'horizon-

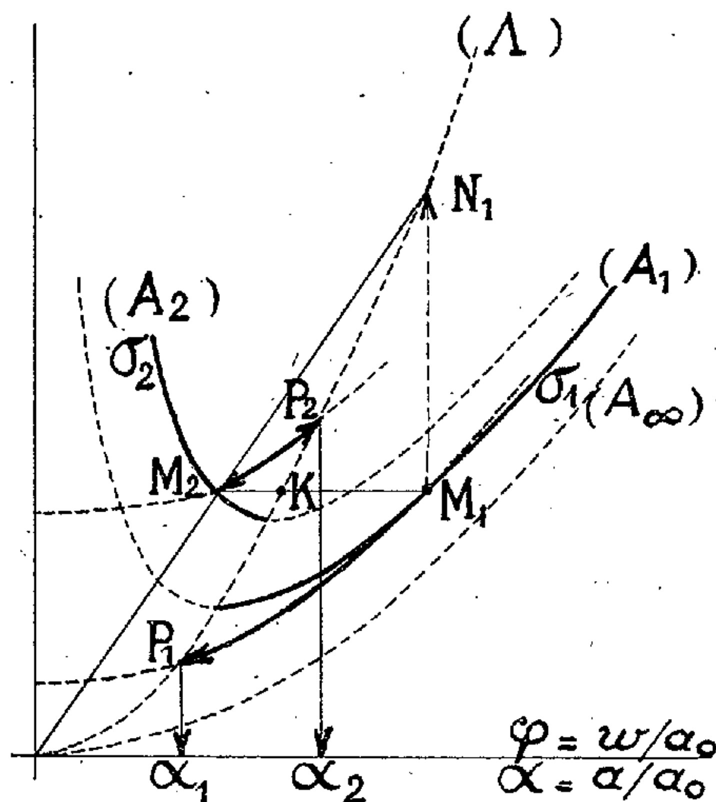


Fig. 2.

tale de M_1 et du rayon joignant l'origine de l'axe φ à N_1, intersection de (Λ) et de la verticale de M_1. Les abscisses de P_1 et P_2, rappelés de M_1 et M_2 sur (Λ) par des paraboles parallèles à (A_∞), donnent α_1 et α_2. L'onde de choc entraînant réduction instantanée de vitesse ($\varphi_2 < \varphi_1$), la construction précédente exige que M_1 et M_2 soient à droite et à gauche de (Λ), donc super- et subsonique ($\alpha_1 < \varphi_1$ et $\varphi_2 < \alpha_2$). De plus, on a $\alpha_1 < \alpha_2$, P_1 et P_2 étant évidemment de part et d'autre de l'intersection K de $M_1 M_2$ avec (Λ).

La réserve exprimée plus haut consiste en ceci : de M_1 en M_2, la section Ω ne change pas, alors que les cotes σ_1 et σ_2 des courbes (A_1) et (A_2) sont différentes. Dans un écoulement réversible à partir de M_2, les cotes σ varieront proportionnellement aux sections, mais par référence à σ_2 et non à σ_1 (ou a la cote de référence antérieure σ_0).

NOMINATIONS.

MM. **Albert Recoura**, **Émile Cotton**, **Maurice Gignoux** sont adjoints à M. **Louis Lapicque**, précédemment désigné, pour représenter l'Académie au *Sixième centenaire* de la fondation de l'Université de Grenoble.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section des Académiciens libres en remplacement de M. *Paul Helbronner* décédé.

Le nombre de votants étant 59,

M. Gustave Roussy	obtient...........	35 suffrages
M. Joseph Bethenod	»	8 »
M. Paul Lévy	»	6 »
M. Albert Pérard	»	5 »
M. Justin Jolly	»	3 »
M. André Kling	»	2 »

M. **Gustave Roussy**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Émile De Wildemann** est élu Correspondant pour la Section de Botanique, en remplacement de M. *Victor Grégoire* décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Index Generalis. Dix-huitième année, 1939. Dirigé par : S. de Montessus de Ballore.

2° *Aperçus phytosociologiques sur le département du Var*, par René Salgues.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Classes dans un multigroupe.* Note de M. **Jean Kuntzmann**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dresher et Ore [1] n'avaient défini jusqu'ici les classes que suivant un sous-multigroupe réversible, c'est-à-dire tel que $ga \supset b$ entraîne $gb \supset a$.

On peut étendre cette définition au cas général.

Nous nommerons classe à gauche de a, l'ensemble c_a des éléments ga et a, g parcourant un sous-multigroupe.

Les classes ne sont pas en général disjointes, elles possèdent la propriété suivante : $C_a \supset b$ entraîne $C_a \supset C_b$.

On peut construire un multigroupe au moyen des classes en posant :

$C_a C_b =$ ensemble des classes contenues dans le produit d'éléments $C_a C_b$.

On vérifie facilement l'associativité et les conditions auxiliaires pour qu'on ait un multigroupe.

Au lieu de considérer toutes les classes, on peut considérer seulement certaines d'entre elles, en particulier les classes *minima*, dont aucun sous-ensemble propre n'est une classe, et les classes *maxima* qui ne sont sous-ensemble propre d'aucune classe.

Les classes minima sont disjointes.

On peut encore définir les *classes fortes* que l'on obtient en réunissant de proche en proche toutes les classes ayant des éléments communs.

Un cas particulièrement important est celui où toute classe contient au plus une classe minima. Nous dirons alors qu'il y a *transitivité*. Pour cela il faut et il suffit que ag_1 et ag_2 étant donnés quelconques on puisse trouver λ et μ dans g tels que $(ag_1)\lambda = (ag_2)\mu$. On peut énoncer un certain nombre de propriétés particulières aux multigroupes satisfaisant à la condition C de ma première Note :

a. Tout sous-multigroupe contenant un sous-multigroupe transitif est lui-même transitif.

b. Tout sous-multigroupe invariant (c'est-à-dire tel que les classes à droite et à gauche de tout élément coïncident) est transitif.

Dans le cas général la transitivité permet également de donner une expression simple des classes fortes. On peut également considérer la

(1) *American Journal of Mathematics*, 60, 1938, p. 705; voir aussi mes Notes, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1787; 205, 1937, p. 208; 208, 1939, p. ~~349~~.
493

condition pour que toute classe soit contenue dans une seule classe maxima (antitransitivité).

Les classes maxima sont alors disjointes et coïncident avec les classes fortes.

Un exemple simple montre que ces définitions ne sont pas triviales. On peut réaliser à la fois l'invariance, la condition C de ma première Note, la transitivité et l'antitransitivité sans avoir la réversibilité.

On peut dans les divers cas définir entre les classes des opérations multiformes.

Les cas les plus intéressants sont ceux où l'on peut définir entre les éléments du multigroupe (ou du moins certains d'entre eux) et les classes une correspondance univoque (c'est en particulier ce qui se produit si les classes sont disjointes).

Cette correspondance est une homomorphie, c'est-à-dire que $a \rightarrow \bar{a}$, $ab \supset c$ entraîne $\bar{a}\bar{b} \supset \bar{c}$. Mais on a de plus des conditions du type suivant : pour tout $a \rightarrow \bar{a}$, on peut trouver $b^{\star}$, $c^{\star}$, $b^{\star} \rightarrow \bar{b}$, $c^{\star} \rightarrow \bar{c}$ de manière que $ab^{\star} \supset c^{\star}$ si $\bar{a}\,\bar{b} \supset \bar{c}$.

Dans le cas invariant, on a de même des conditions du type $ab^{\star} \supset c$.

Remarquons enfin qu'on peut étendre tous ces résultats aux classes mixtes ou aux catégories.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la valeur à l'infini des intégrales de certaines équations différentielles.* Note [1] de M. **Tadya Péyovitch**, présentée par M. Paul Montel.

Théorème. — *Soit donné un système d'équations de la forme*

$$(1)\qquad \frac{dx_i}{dt} = a_{i1}(t)\,e^{x_1} + a_{i2}(t)\,e^{x_2} + \ldots + a_{in}(t)\,e^{x_n} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

où $a_{ik}(t)$ sont des fonctions réelles, continues et bornées de la variable réelle $t \geqq t_0 \geqq 0$. Soit x_i un système de solutions réelles, continues et déterminées des équations (1) *pour la variable réelle $t \geqq t_0 \geqq 0$; ce système admet les propriétés*

$$\lim_{t=+\infty} x_i = -\infty, \qquad \lim_{t=+\infty} \frac{dx_i}{dt} = 0, \qquad \text{pour} \quad M \leqq 0,$$

[1] Séance du 20 mars 1939.

M *étant la borne supérieure des coefficients* $a_{ik}(t)(i, k = 1, 2, \ldots, n)$ *pour* $t \geqq t_0 \geqq 0$.

Pour démontrer ce théorème, posons

$$(2) \qquad e^{x_i} = y_i, \qquad \frac{dx_i}{dt} = \frac{y'_i}{y_i};$$

le système (1) devient

$$(3) \qquad \frac{y'_i}{y_i} = a_{i1}(t)y_1 + a_{i2}(t)y_2 + \ldots + a_{in}(t)y_n \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

En désignant par m la borne inférieure des coefficients $a_{ik}(t)(i, k = 1, 2, \ldots, n)$ pour la variable réelle $t \geqq t_0 \geqq 0$, le système (3) permet d'écrire les inégalités

$$m y_1(y_1 + y_2 + \ldots + y_n) \leqq y'_1 \leqq M y_1(y_1 + y_2 + \ldots + y_n),$$
$$m y_2(y_1 + y_2 + \ldots + y_n) \leqq y'_2 \leqq M y_2(y_1 + y_2 + \ldots + y_n),$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$
$$m y_n(y_1 + y_2 + \ldots + y_n) \leqq y'_n \leqq M y_n(y_1 + y_2 + \ldots + y_n).$$

Si l'on ajoute les inégalités ci-dessus, on obtient

$$m(y_1 + y_2 + \ldots + y_n)^2 \leqq y'_1 + y'_2 + \ldots + y'_n \leqq M(y_1 + y_2 + \ldots + y_n)^2$$

ou

$$m\,dt \leqq \frac{d(y_1 + y_2 + \ldots + y_n)}{(y_1 + y_2 + \ldots + y_n)^2} \leqq M\,dt$$

ou enfin, après intégration,

$$mt - C \leqq -\frac{1}{y_1 + y_2 + \ldots + y_n} \leqq Mt - C,$$

d'où

$$\frac{1}{C - mt} \leqq y_1 + y_2 + \ldots + y_n \leqq \frac{1}{C - Mt}$$

ou, d'après (2),

$$(4) \qquad \frac{1}{C - mt} \leqq e^{x_1} + e^{x_2} + \ldots + e^{x_n} \leqq \frac{1}{C - Mt}.$$

Les solutions x_i, d'après l'hypothèse, étant réelles, les fonctions e^{x_i} sont positives. Par conséquent, les inégalités (4), à cause de la condition $M \leqq 0$, existent pour $t \geqq t_0 \geqq 0$; C étant une constante réelle et positive.

Le système (1), d'après (4), devient

$$(5) \qquad \frac{m}{C - mt} \leqq \frac{dx_i}{dt} \leqq \frac{M}{C - Mt},$$

d'où l'on a

$$\lim_{t = +\infty} \frac{dx_i}{dt} = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

L'intégration des inégalités (5) donne

$$\log\frac{C_i}{C - mt} \leq x_i \leq \log\frac{C_i}{C - Mt},$$

d'où l'on tire

$$\lim_{t=+\infty} x_i = -\infty \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

C_i étant une constante réelle et positive.

Le théorème est donc démontré.

Il est facile de démontrer un théorème analogue lorsque t augmente indéfiniment par valeurs négatives. Dans ce cas, on aura

$$\lim_{t=-\infty} x_i = -\infty, \qquad \lim_{t=-\infty} \frac{dx_i}{dt} = 0 \qquad \text{pour} \quad m \geq 0,$$

m étant la borne inférieure des coefficients $a_{ik}(t)$.

Il est aisé de vérifier le théorème précédent sur des exemples.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur certains groupes discontinus de déplacements.* Note de M. **William Barrett**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans la théorie des groupes semi-simples continus, le sous-groupe du groupe adjoint continu qui laisse invariant un sous-groupe abélien maximum du groupe semi-simple, contenant une transformation infinitésimale *générale* (1), peut être assimilé au groupe engendré par les symétries par rapport à certains hyperplans dans un espace euclidien. Ces groupes forment un cas spécial d'une classe de groupes discontinus de déplacements dont nous allons démontrer quelques propriétés.

Si une famille C d'hyperplans p dans l'espace euclidien à n dimensions est invariante par la symétrie S_p par rapport à tout hyperplan p de C, les symétries S_p engendrent un groupe (S) qui laisse invariante la famille C. Supposons que les hyperplans de C partagent l'espace en plusieurs régions (D) (2) qui ne sont traversées par aucun hyperplan de C : cela a effectivement lieu si C ne contient qu'un nombre fini d'hyperplans, et dans certains autres cas. Les points de l'espace qui sont contenus dans deux au moins des hyperplans p seront dits *singuliers*. On peut passer d'un point

(1) Élie Cartan, *Thèse*, Paris, 1894, p. 32.

(2) La notation (D) représente la région fermée.

non singulier arbitraire P_1 à un autre P_2 quelconque par un chemin continu qui ne contient aucun point singulier, et si P_1 et P_2 sont respectivement à l'intérieur de deux régions (D_1) et (D_2), le chemin définit de la manière suivante une transformation de (S) amenant (D_1) en (D_2) : chaque fois que le chemin traverse un hyperplan p on effectue la symétrie par rapport à cet hyperplan. Réciproquement, on peut passer d'un point à l'intérieur d'une région (D) arbitraire à son symétrique par rapport à un hyperplan p quelconque par un chemin qui est son propre symétrique par rapport à p et qui ne contient aucun point singulier, et l'on vérifie facilement que la transformation définie par ce chemin est la symétrie S_p. *Il en résulte que toute transformation de* (S) *peut être définie par un chemin continu partant d'un point à l'intérieur d'une région* (D) *arbitraire.*

Si c_1 et c_2 sont deux chemins qui font passer de P_1 à P_2, on peut déformer c_1 en c_2 par continuité, de façon qu'il ne rencontre aucun point contenu dans plus de deux hyperplans p indépendants, car ces points forment une variété à $(n-3)$ dimensions au plus. La transformation définie par c_1 ne peut changer que si c_1 rencontre un point singulier, et je dis qu'elle ne change pas non plus si c_1 rencontre un point singulier contenu dans deux seulement des hyperplans p qui sont indépendants. En effet, si le chemin rencontre un tel point, l'intersection des deux hyperplans étant une variété plane p^* à $(n-2)$ dimensions, la transformation est multipliée par celle que définit un chemin fermé qui entoure la variété p^* et qui traverse deux fois chacun des hyperplans p contenant p^*, mais pas d'autres hyperplans de C. Cette transformation est le produit d'un nombre pair de symétries par rapport aux hyperplans contenant p^*; elle est, par suite, une rotation autour de p^*. Étant définie par un chemin fermé, cette rotation laisse invariante une région (D) et par conséquent elle est l'identité. Il en résulte que les deux chemins c_1 et c_2 définissent la même transformation, et *qu'il existe une transformation de* (S) *et une seule qui transforme une région* (D) *en une autre quelconque.*

Si deux régions (D_1) et (D_2) contiennent un élément plan $p^{(h)}$ commun à h dimensions, la transformation de (S) qui transforme (D_1) en (D_2) peut être définie par un chemin qui ne traverse que des hyperplans p contenant $p^{(h)}$. Cette transformation est alors une transformation du sous-groupe (S′) de (S) engendré par les symétries par rapport aux hyperplans p contenant $p^{(h)}$. La symétrique de (D_1) par rapport à $p^{(h)}$ n'est pas nécessairement une région (D), mais tout point de (D_1) dans un voisinage suffisamment petit d'un point *intérieur* de $p^{(h)}$ est transformé par cette symétrie S^*

en un point d'une région (D'_1) bien déterminée, dite *pseudo-symétrique de* (D_1) *par rapport à* $p^{(h)}$. Démontrons que la transformation de (S') qui amène (D_1) en (D'_1) est engendrée, si $(D_1) \not\equiv (D'_1)$, par les symétries par rapport à des hyperplans *orthogonaux entre eux* passant par $p^{(h)}$. D'abord, le théorème est vrai si $h = n$, car (D_1) serait égale à (D'_1); supposons alors qu'il soit vrai pour toute valeur de h supérieure à h_0.

Si $p \supset p^{(h_0)}$, l'élément plan $p^{(h_0)}$ et le vecteur π orthogonal à p en un point de $p^{(h_0)}$ définissent une variété plane qui contient un élément plan $p^{(h_0+1)}$ à $h_0 + 1$ dimensions appartenant à l'une des régions (D) qui contiennent $p^{(h_0)}$. Puisqu'il existe une transformation de (S') qui transforme (D) en (D_1), on peut supposer $(D) = (D_1)$. Le vecteur π étant orthogonal à p et à $p^{(h)}$, $S_p(\pi) = S^*(\pi) = -\pi$; $p^{(h)}$ étant invariant par ces deux symétries, il en résulte que $S_p(p^{(h_0)}) = S^*(p^{(h_0+1)})$, et ce nouvel élément plan est contenu dans (D'_1) et dans $S_p(D_1)$. Enfin, S^* étant le produit de S_p par la symétrie par rapport à $p^{(h_0+1)}$, (D'_1) est la pseudo-symétrique de $S_p(D)$ par rapport à $S_p(p^{(h_0+1)})$. L'hyperplan p étant orthogonal à $S_p(p^{(h_0+1)})$ et par suite aux hyperplans de C qui le contiennent, le théorème est démontré par induction en faisant décroître h.

AÉRODYNAMIQUE. — *L'aile battante autopropulsive et hypersustentatrice.* Note [1] de M. **René Moineau**, présentée par M. Henri Villat.

J'ai entrepris l'étude de l'aile battante expérimentalement pour avoir quelques chiffres sur le fonctionnement d'une telle aile, notamment à des fréquences élevées (de 1 à 25 à la seconde), et pour des amplitudes de battement faibles ne dépassant pas 10 fois l'épaisseur de l'aile, le battement étant à peu près orthogonal, à plat et suivant une loi sinusoïdale.

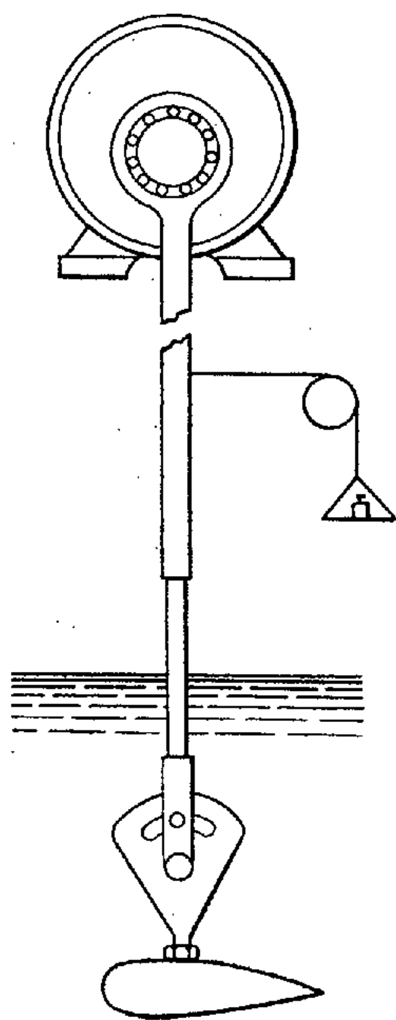
Dans ces conditions, pourvu que l'aile soit dissymétrique dans le sens du profil, par exemple, épaisse à l'avant et pointue à l'arrière, on constate que l'aile est *autopropulsive* et *hypersustentatrice*.

Je reproduis figure 1 un mécanisme ayant servi à faire de nombreuses expériences en faisant battre des ailes dans l'eau.

La figure 2 donne les poussées au point fixe obtenues à incidence nulle en fonction de la fréquence des battements pour diverses amplitudes du battement, et pour une aile biconvexe symétrique de $0^{m^2},04$.

---

[1] Séance du 20 mars 1939.


Fig. 1.

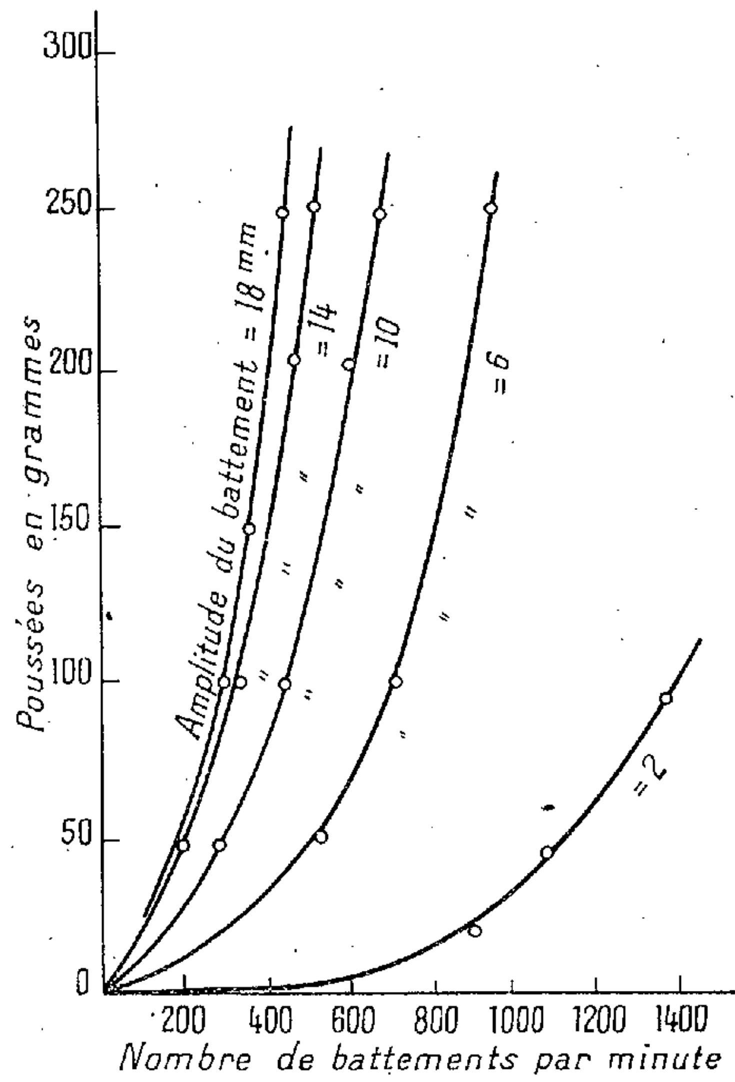


Fig. 2.

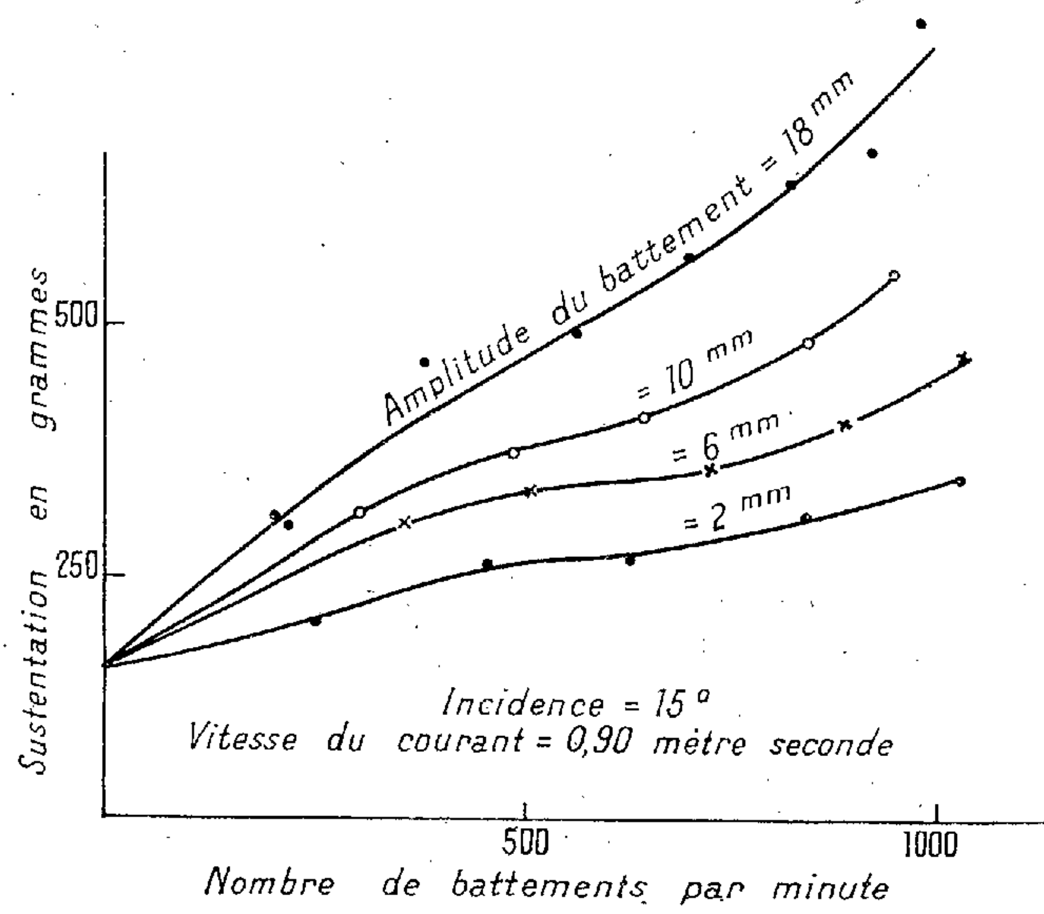


Fig. 3.

Appelant N la fréquence du battement, A l'amplitude du battement, L la dimension de l'aile, P_x la poussée au point fixe, W la puissance employée, j'ai trouvé $P_x = \alpha N^2 A^2 L^2$ et $W = \beta N^3 A^3 L^2$, formules analogues à celles des hélices, d'où l'on tire également $P_x = K_f \sqrt[3]{W^2 L^2}$.

La figure 3 donne les sustentations obtenues avec une aile biconvexe symétrique de $0^{m^2},01$, en employant le même mécanisme dans un courant d'eau de 0,90 m-sec avec une incidence de 15°.

J'ai fait aussi quelques essais d'aile battante tournante sous la forme d'une hélice battante ayant l'avantage de ne pas donner de couple de réaction sur son axe.

Il convient de noter que ces expériences montrent que l'aile battante de l'oiseau est autopropulsive et hypersustentatrice.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Les chocs dans le problème des trois corps et dans l'espace*. Note [1] de M. **David Belorizky**, présentée par M. Ernest Esclangon.

I. *Problème restreint*. — L'intégrale générale dépend de six constantes arbitraires. Au voisinage d'un choc réel, les intégrales sont développables suivant les puissances entières de $(t-t_0)^{\frac{1}{3}}$ et dépendent de quatre constantes arbitraires. Au voisinage d'un choc binaire imaginaire, les intégrales sont développables suivant les puissances entières de $(t-t_0)^{\frac{1}{2}}$ et dépendent de six constantes arbitraires.

Considérons maintenant les chocs binaires imaginaires *composés* (où $r_1 = r_2 = 0$), qui n'ont pas encore été étudiés. Soient deux corps P_1 et P_2 de masse $1-\mu$ et $\mu(\mu < 1/2)$ décrivant des orbites circulaires dans un plan. Soit P le troisième corps de masse négligeable. Prenons des axes entraînés, l'axe des x passant par P_1 et P_2 et l'origine étant le centre de gravité de P_1 et P_2. Soient x, y, z les coordonnées de P par rapport à ces axes, x_1 et x_2 étant les abscisses fixes de P_1 et de P_2. Si, pour

$$t = t_0, \qquad r_1 = r_2 = 0 \qquad [r_1^2 = (x-x_1)^2 + y^2 + z^2;\ r_2^2 = (x-x_2)^2 + y^2 + z^2],$$

nous trouvons au voisinage de l'instant t_0 (en faisant $t_0 = 0$) les développe-

(1) Séance du 20 mars 1939.

ments suivants :

$$(1)\quad \begin{cases} x = A + a_0 t^{\frac{4}{5}} + a_2 t^{\frac{6}{5}} + a_4 t^{\frac{8}{5}} + \ldots, \qquad y = B + b_0 t^{\frac{4}{5}} + b_1 t + b_2 t^{\frac{6}{5}} + b_4 t^{\frac{8}{5}} + \ldots, \\ z = C + c_0 t^{\frac{4}{5}} + c_1 t + c_2 t^{\frac{6}{5}} + \ldots \end{cases}$$

On a les relations suivantes : $A = (x_1 + x_2)/2$, $A^2 + B^2 + C^2 = 0$, $Bb_1 + Cc_1 = 0$; d'autre part un des coefficients a_2, b_2, c_2 peut être choisi arbitrairement. Ainsi les développements (1) dépendent de quatre constantes arbitraires (par exemple B, c_1, a_2, t_0). Par conséquent, *dans le problème restreint tous les chocs sont des points critiques algébriques et seuls les chocs binaires imaginaires admettent des intégrales qui dépendent du même nombre de constantes arbitraires que l'intégrale générale.*

II. *Problème général.* — 1° L'intégrale générale dépend de 12 constantes arbitraires. Les intégrales au voisinage d'un choc binaire réel dépendent de 10 constantes et au voisinage d'un choc binaire imaginaire de 12 constantes arbitraires. Récemment M. Uno[1] a étudié les chocs binaires imaginaires composés. Mais il a considéré le mouvement par rapport au centre de gravité, ce qui complique le développement des coordonnées au voisinage du choc, et l'on ne voit pas bien dans ces développements quels coefficients sont arbitraires. Nous avons repris la question en rapportant le mouvement de deux corps P_1 et P_2 au troisième P_0, en prenant des axes de direction fixe liés à P_0. Soient x, y, z les cordonnées de P_1 et x', y', z' celles de P_2. Si à l'instant $t = t_0$, $P_1P_0 = r = P_2P_0 = r' = 0$, $P_2P_1 = \Delta \neq 0$, nous trouvons (en faisant $t_0 = 0$)

$$x = A + a_0 t^{\frac{4}{5}} + a_1 t + a_2 t^{\frac{6}{5}} + a_4 t^{\frac{8}{5}} + \ldots, \qquad y = B + b_0 t^{\frac{4}{5}} + b_1 t + b_2 t^{\frac{6}{5}} + \ldots,$$
$$z = C + c_0 t^{\frac{4}{5}} + c_1 t + c_2 t^{\frac{6}{5}} + \ldots;$$
$$x' = A' + a'_0 t^{\frac{4}{5}} + a'_1 t + a'_2 t^{\frac{6}{5}} + a'_4 t^{\frac{8}{5}} + \ldots, \qquad y' = B' + b'_0 t^{\frac{4}{5}} + b'_1 t + b'_2 t^{\frac{6}{5}} + \ldots,$$
$$z' = C' + c'_0 t^{\frac{4}{5}} + c'_1 t + c'_2 t^{\frac{6}{5}} + \ldots$$

et l'on a

$$A^2 + B^2 + C^2 = 0, \qquad A'^2 + B'^2 + C'^2 = 0,$$
$$Aa_1 + Bb_1 + Cc_1 = 0, \qquad A'a'_1 + B'b'_1 + C'c'_1 = 0.$$

L'un des coefficients $a_2, b_2, \ldots, b'_2, c'_2$ peut être choisi arbitrairement. Ainsi nos développements dépendent de 10 constantes arbitraires : t_0, A, B, A', B', a_1, b_1, a'_1, b'_1, a_2.

---

(1) *Annali di Matematica*, **14**, 1936, p. 122-129.

2° On sait que les chocs triples réels ne peuvent pas exister dans le cas général, mais nous allons montrer qu'il y a des chocs triples imaginaires. Prenons les mêmes coordonnées que ci-dessus. Soit pour $t = t_0$, $r = r' = \Delta = 0$ et $x = A$, $y = B$, $z = C$; $x' = A'$, $y' = B'$, $z' = C'$. On doit avoir les relations $A^2 + B^2 + C^2 = 0$, $A'^2 + B'^2 + C'^2 = 0$, $AA' + BB' + CC' = 0$. Il en résulte que $A/A' = B/B' = C/C' = k$, k étant une constante arbitraire. Si l'on fait dans les équations du mouvement le changement de variable $t = T^2$ et si au lieu des variables z, z' on introduit $u = Ax + By + Cz$, $u' = A'x' + B'y' + C'z'$, alors en posant

$$x = A + A a_0 T + TX, \quad y = B + B a_0 T + TY, \quad x' = A' + A' a'_0 T + TX',$$
$$y' = B' + B' a'_0 T + TY' \quad u = \alpha_0 T^2 + \alpha_1 T^3 + T^3 U, \quad u' = \alpha'_0 T^2 + \alpha'_1 T^3 + T^3 U,$$

on transforme les 6 équations de deuxième ordre en 12 de premier ordre de la forme $T\, dX_i/dT = \Sigma \beta_j X_j + \delta_i T + \ldots$; nous cherchons les solutions où les X_i tendent vers zéro avec T. Nous démontrons ainsi que les coordonnées sont développables au voisinage d'un choc triple imaginaire suivant les puissances de $t^{1/2}$ et $t^{1/2} \log t$. Voici les premiers termes de ces développements.

$$x = A + A a_0 t^{\frac{1}{2}} + a_1 t + A\gamma t \log t + a_2 t^{\frac{3}{2}} + \ldots,$$
$$y = B + B a_0 t^{\frac{1}{2}} + b_1 t + B\gamma t \log t + b_2 t^{\frac{3}{2}} + \ldots,$$
$$z = C + C a_0 t^{\frac{1}{2}} + c_1 t + C\gamma t \log t + c_2 t^{\frac{3}{2}} + \ldots;$$
$$x' = A' + A' a'_0 t^{\frac{1}{2}} + a'_1 t + A'\gamma' t \log t + a'_2 t^{\frac{3}{2}} + \ldots,$$
$$y' = B' + B' a'_0 t^{\frac{1}{2}} + b'_1 t + B'\gamma' t \log t + b'_2 t^{\frac{3}{2}} + \ldots,$$
$$z' = C' + C' a'_0 t^{\frac{1}{2}} + c'_1 t + C'\gamma' t \log t + c'_2 t^{\frac{3}{2}} + \ldots.$$

Ces développements dépendent de 10 constantes arbitraires

$$(A,\ B,\ k,\ a_1,\ b_1,\ c_1,\ a'_1,\ b'_1,\ c'_1,\ t_0).$$

Au voisinage du choc, on a

$$\lim \left(\frac{\Delta^2}{r^2} \frac{1}{1-k} + \frac{r'^2}{r^2} \frac{1}{k} \right)_{t=t_0} = 1.$$

Si $A' a_1 + B' b_1 + C' c_1 = A a'_1 + B b'_1 + C c'_1$, on trouve que les logarithmes disparaissent, mais les développements des coordonnées ne dépendent plus que de 9 constantes.

3° En résumé, au voisinage de tous les chocs, sauf des chocs binaires imaginaires, dans le cas général du problème des trois corps, les intégrales dépendent de 10 constantes. Ces derniers chocs, qui sont une extension des

chocs imaginaires du problème de deux corps, *sont les seuls où les intégrales dépendent du même nombre de constantes que l'intégrale générale*. Et *les seuls chocs qui ne soient pas des points critiques algébriques sont les chocs triples imaginaires*.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les grandeurs électromagnétiques de la théorie du photon*. Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons donné (¹) la forme générale de la solution dans le vide des équations d'ondes du photon de M. Louis de Broglie (²). Dans le cas où nous nous bornons à l'onde plane monochromatique, cette solution s'écrit

$$(1)\qquad \Phi_{ik}(x,t) = \left[\left(\frac{k - \mathcal{H}^{(1)}(\vec{p})}{2k}\right)_{ik,lm} F_{lm}\, e^{ikct} + \left(\frac{k + \mathcal{H}^{(1)}(\vec{p})}{2k}\right)_{ik,lm} F_{lm}\, e^{-ikct}\right] e^{-i\vec{p}\vec{x}}$$

les F_{lm} étant un système de seize amplitudes initiales, arbitraires sous la condition

$$(2)\qquad \left[\mathcal{H}^{(2)}(\vec{p})\right]_{ik,lm} F_{lm} = 0,$$

$\mathcal{H}^{(1)}(\vec{p})$ et $\mathcal{H}^{(2)}(\vec{p})$ représentent les formes

$$\left[\mathcal{H}^{(1)}(\vec{p})\right]_{ik,lm} = \frac{\vec{p}}{2}\left[(\vec{\alpha})_{il}\delta_{km} + (\vec{\alpha})^{*}_{km}\delta_{il}\right] + \frac{\mu}{2}\left[(\alpha_4)_{il}\delta_{km} - (\alpha^4)^{*}_{km}\delta_{il}\right],$$

$$\left[\mathcal{H}^{(2)}(\vec{p})\right]_{ik,lm} = \frac{\vec{p}}{2}\left[(\vec{\alpha})_{il}\delta_{km} - (\vec{\alpha})^{*}_{km}\delta_{il}\right] + \frac{\mu}{2}\left[(\alpha_4)_{il}\delta_{km} + (\alpha_4)^{*}_{km}\delta_{il}\right],$$

le scalaire k, le vecteur d'impulsion réduit $\vec{p}$ et la masse réduite $\mu = 2\pi/h\,\mu_0 c$ sont liés par la relation $k^2 = (\vec{p})^2 + \mu^2$. Nous poserons

$$P^{+} = e^{i[kct - \vec{p}\vec{x}]}, \qquad P^{-} = e^{i[-kct - \vec{p}\vec{x}]}.$$

Si nous introduisons les grandeurs électromagnétiques

$$V = K\,\delta_{ki}\Phi_{ik}; \qquad \vec{A} = -K(\vec{\alpha})_{ki}\Phi_{ik}; \qquad S_4 = K(i\alpha_1\alpha_2\alpha_3)_{ki}\Phi_{ik};$$

$$\vec{S} = -K(\vec{\sigma})_{ki}\Phi_{ik}; \qquad \vec{E} = -K\mu(i\vec{\alpha}\alpha_4)_{ki}\Phi_{ik}; \qquad \vec{H} = K\mu(\vec{\sigma}\alpha_4)_{ki}\Phi_{ik};$$

$$\mu I_2 = K(\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4)_{ki}\Phi_{ik}; \qquad I_1 = K(\alpha_4)_{ki}\Phi_{ik};$$

(¹) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 991.

(²) *Nouvelles recherches sur la lumière*, Paris, 1937.

on voit facilement que la condition (2) sur les fonctions initiales est équivalente aux conditions sur les grandeurs initiales

$$I_1^0 = 0; \quad \vec{p}\vec{E} = -\mu^2 i V_0; \quad i\vec{p} \wedge \vec{A}^0 = -\vec{H}^0; \quad i\vec{p} I_2^0 = -\vec{S}^0.$$

Par suite, si les huit grandeurs initiales $\vec{A}^0$, $\vec{E}^0$, I_2^0 et S_4^0 sont choisies arbitrairement, les huit autres grandeurs initiales I_1^0, $\vec{H}^0$, $\vec{S}^0$ et V^0 sont déterminées. En fonction de ces huit grandeurs arbitraires, les grandeurs électromagnétiques s'expriment par

$$V = \frac{1}{2k}\vec{p}\left[\left(\vec{A}^0 + \frac{ki}{\mu^2}\vec{E}^0\right)P^+ - \left(\vec{A}^0 - \frac{ki}{\mu^2}\vec{E}^0\right)P^-\right],$$

$$\vec{A} = \frac{1}{2}\left[\left(\vec{A}^0 + \frac{i}{k}\vec{E}^0 + \frac{i}{k\mu^2}\vec{p}(\vec{p}\vec{E}^0)\right)P^+ + \left(\vec{A}^0 - \frac{i}{k}\vec{E}^0 - \frac{i}{k\mu^2}\vec{p}(\vec{p}\vec{E}^0)\right)P^-\right],$$

$$\vec{S} = -\frac{i}{2}\vec{p}\left[\left(I_2^0 + \frac{i}{k}S_4^0\right)P^+ + \left(I_2^0 - \frac{i}{k}S_4^0\right)P^-\right],$$

$$S_4 = -\frac{i}{2}k\left[\left(I_0^2 + \frac{i}{k}S_4^0\right)P^+ - \left(I_2^0 - \frac{i}{k}S_4^0\right)P^-\right],$$

$$\vec{E} = -\frac{ik}{2}\left[\left(\vec{A}^0 + \frac{i}{k}\vec{E}^0 - \frac{1}{k^2}\vec{p}(\vec{p}\vec{A}^0)\right)P^+ - \left(\vec{A}^0 - \frac{i}{k}\vec{E}^0 - \frac{1}{k^2}\vec{p}(\vec{p}\vec{A}^0)\right)P^-\right],$$

$$\vec{H} = -\frac{i}{2}\vec{p}\wedge\left[\left(\vec{A}^0 + \frac{i}{k}\vec{E}^0\right)P^+ + \left(\vec{A}^0 - \frac{i}{k}\vec{E}^0\right)P^-\right],$$

$$I_2 = \frac{1}{2}\left[\left(I_2^0 + \frac{i}{k}S_4^0\right)P^+ + \left(I_2^0 - \frac{i}{k}S_4^0\right)P^-\right], \qquad I_1 = 0.$$

Si l'onde $\Phi_{ik}(x, t)$ se réduit à une onde à énergie positive les coefficients de P^- doivent être nuls, ce qui donne les conditions

$$S_4^0 = -ikI_2^0, \qquad \vec{E}^0 = -ik\vec{A}^0 + \frac{i}{k}\vec{p}(\vec{p}\vec{A}^0).$$

Les seize grandeurs précédentes s'écrivent alors en fonction de quatre grandeurs initiales seulement, soient $\vec{A}^0$ et I_2^0. Réciproquement $\Phi_{ik}(x, t)$ s'exprime au moyen de quatre constantes arbitraires.

Nous avons alors

$$I_1 = 0; \quad V = \frac{1}{k}(\vec{p}\vec{A}^0)P^+; \quad \vec{A} = \vec{A}^0 P^+; \quad \vec{S} = -iI_2^0\vec{p}P^+; \quad S_4 = -ikI_2^0P^+;$$

$$\vec{E} = -ik\left[\vec{A}^0 - \frac{1}{k^2}\vec{p}(\vec{p}\vec{A}^0)\right]P^+; \quad \vec{H} = -i(\vec{p}\wedge\vec{A}^0)P^+; \quad I_2 = I_2^0P^+.$$

Si I_0^2 n'est pas nul, nous pouvons éliminer entre ces grandeurs k et $\vec{p}$.

Nous obtenons les relations entre grandeurs

$$I_2\vec{E} = \vec{A}S_4 - S\vec{V};\quad I_2\vec{H} = (\vec{S} \wedge \vec{A});\quad \vec{S}\vec{A} - VS_4 = 0,$$
$$\vec{A}\vec{H} = 0;\quad \vec{S}\vec{H} = 0;\quad \vec{E}\vec{H} = 0;\quad \mu^2 I_2 V = -\vec{S}\vec{E};$$
$$(S_4)^2 - (\vec{S})^2 = -\mu^2 (I_2)^2;\quad (\vec{E})^2 - (\vec{H})^2 = \mu^2 [(V)^2 - (\vec{A})^2].$$

La théorie du photon de M. L. de Broglie apparaît ici comme une théorie bivectorielle, les grandeurs $\vec{E}$ et $\vec{H}$ se construisant à partir de deux quadrivecteurs $(\vec{A}, V)$ et $(\vec{S}, S_4)$.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Le quantum de longueur et le spin des particules élémentaires.* Note de M. **Jean Mariani**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons admis précédemment que l'espace intérieur aux particules élémentaires est défini dans leur système propre par l'élément linéaire

$$(1)\qquad d\sigma^2 = \frac{dr^2}{1 - \frac{r^2}{a^2}} + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2);$$

des conséquences intéressantes peuvent en être déduites, en ce qui concerne la possibilité de déterminer univoquement la distance de deux points situés à l'intérieur de la particule et de donner une interprétation géométrique du spin de cette dernière.

L'espace défini par l'élément linéaire (1) est en effet susceptible de deux représentations équivalentes, mais distinctes, la représentation sphérique et la représentation elliptique; nous admettrons que chacune de ces représentations est réalisée dans la nature, mais par des particules de nature différente.

Par une transformation connue, le $d\sigma^2$ (1) prend la forme

$$(2)\qquad d\sigma^2 = a^2[d\alpha^2 + \sin^2\alpha(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2)];$$

il représente l'élément linéaire à la surface d'une hypersphère de l'espace euclidien à quatre dimensions; on voit ainsi que la distance σ de deux points situés dans l'espace intérieur ne peut plus, dans cette représentation sphérique, être définie univoquement, comme en géométrie euclidienne,

mais possède les déterminations multiples données par

(3) $$\sigma = \sigma_0 + m 2\pi a,$$

m étant un nombre entier positif ou négatif, a le rayon de la sphère; la distance n'est définie au plus qu'à $\pm 2\pi a$ près; cette multiformité peut être mise en parallèle avec celle de la fonction d'action S dans l'atome de Bohr, pour laquelle on a, les I_k étant les périodes,

(4) $$S = S^0 + m_k I_k;$$

les m_k étant k nombres entiers; on sait que les conditions de quanta consistent à poser $I_k = n_k h$, les n_k étant des nombres entiers, h la constante de Planck; dans notre cas, (3) montre que la période est $\pm 2\pi a$ (1); le quantum élémentaire de longueur, qui joue le rôle de h, peut être pris égal à $2\pi a$; le nombre quantique est donc égal à ± 1.

La représentation elliptique s'obtient par projection centrale de la demi-sphère d'élément (2) sur un plan tangent avec conservation des distances; le $d\sigma^2$ prend la forme connue ($K = 1/a^2$)

(5) $$d\sigma^2 = \frac{dx^2 + dy^2 + dz^2 + K[(y\,dz - z\,dy)^2 + (x\,dz - z\,dx)^2 + x\,dy - y\,dx)^2]}{[1 + K(x^2 + y^2 + z^2)]^2}$$

et les multiples déterminations de σ sont données par

(6) $$\sigma = \sigma_0 + m\pi a,$$

la condition de quanta $\pm \pi a = n(2\pi a)$ montre que le nombre quantique n est égal cette fois à $\pm 1/2$.

L'analogie entre la quantification géométrique ainsi définie et la quantification dynamique de l'atome de Bohr et de la mécanique ondulatoire semble se poursuivre très loin; le $d\sigma^2$ (5) dérive en effet de la relation de Cayley entre la distance $\sigma = \overline{AB}$ de deux points A et B de l'espace elliptique et le rapport anharmonique $\chi = (A, B, K, L)$ formé par A et B et les points où la droite AB prolongée rencontre l'absolu

(7) $$\sigma = \frac{1}{2i\sqrt{k}} \log\chi = \frac{a}{2i} \log\chi;$$

cette formule est analogue à celle de Schrödinger $S = h/(2\pi i)\log\psi$ entre l'action S et la fonction d'onde ψ; il semble que, dans le domaine des par-

---

(1) Suivant une remarque de M. Léon Brillouin.

ticules élémentaires à spin 1/2, la détermination des notions métriques doive faire place à celle des notions projectives correspondantes, de même qu'à l'intérieur de l'atome de Bohr, la détermination de la fonction multiforme S fait place à celle de la fonction univoque ψ.

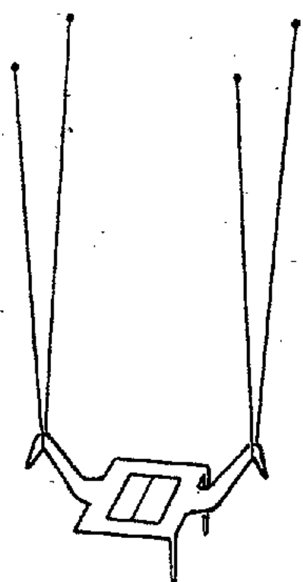
A toute transformation métrique, qui conserve σ par définition, (7) fait correspondre une transformation conservant le rapport anharmonique, c'est-à-dire une transformation projective; λ étant le paramètre projectif de la droite AB, transformé en λ' par l'homographie H correspondant à la transformation métrique, on a

$$\lambda' = \frac{\alpha\lambda + \beta}{\gamma\lambda + \delta}, \tag{8}$$

ce qui définit H comme transformation du groupe projectif de la droite.

COUCHES SUPERFICIELLES. — *Manomètre superficiel à suspension pendulaire.* Note (¹) de M. **Jean Guastalla**, présentée par M. Jean Perrin.

Une pièce de laiton (*fig.* 1) est suspendue au plafond d'une cage vitrée par deux fils dont chacun forme un V, de façon à pouvoir osciller autour de sa position d'équilibre, mais dans une seule direction et en restant


Fig. 1.

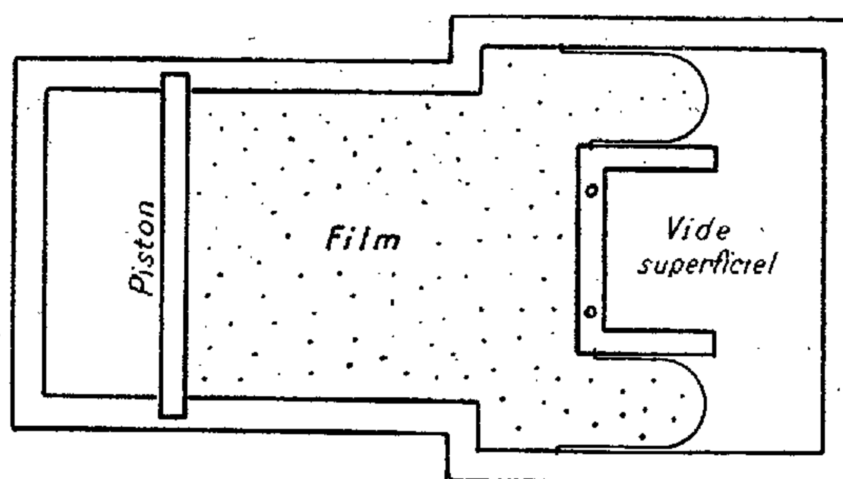


Fig. 2.

parallèle à elle-même. Si l'on écarte légèrement la pièce de sa position d'équilibre, la force horizontale qui tend à l'y ramener est proportionnelle à l'élongation : c'est cette force qui va être opposée à la poussée reçue par une bandelette sous l'action d'un film.

(¹) Séance du 20 mars 1939.

La bandelette, ainsi qu'un cadre paraffiné, flotte sur l'eau d'une cuve. La bandelette a la forme d'un rectangle auquel il manquerait l'un de ses grands côtés (*fig.* 2); les petits côtés sont parallèles aux bords du cadre. La bandelette est jointe au cadre par deux fils de soie enduits de vaseline; sous l'action d'une pression, une partie de chaque fil forme un demi-cercle tangent au cadre et à la bandelette; le reste du fil vient s'appliquer le long du cadre et du côté de la bandelette. Le diamètre du demi-cercle reste ainsi rigoureusement constant lorsque la bandelette se déplace perpendiculairement à sa grande dimension.

Deux petits trous ont été pratiqués dans la bandelette : deux tiges verticales solidaires du balancier y pénètrent sans frottement.

Un piston permet de comprimer le film dans la chambre d'expérience : les déplacements du balancier ou de la bandelette mesurent la pression superficielle. Mais ces déplacements modifient eux-mêmes d'une façon notable la surface de la chambre d'expérience : on doit tenir compte de cette modification dans l'évaluation de la surface du film à chaque instant.

J'utilise actuellement deux appareils fonctionnant sur ce principe.

Dans l'un, la bandelette fictive équivalant à l'ensemble de la bandelette et des boucles a une longueur de 10^{cm}. Un dispositif optique donne sur une échelle verticale l'image horizontale d'un fil très fin tendu sur le balancier et amplifie 10 fois les déplacements de ce balancier. La longueur de la suspension étant de 32^{cm}, avec un balancier de $3^{g},26$ un déplacement d'image de 1^{cm} mesure une pression de 1 dyne/cm; on apprécie le dixième de millimètre, c'est-à-dire le centième de dyne/cm; et l'on peut mesurer des pressions allant jusqu'à 12 dynes/cm ([2]). Un jeu de balanciers plus lourds permet de mesurer des pressions plus élevées avec la même précision relative.

On peut obtenir avec cet appareil des enregistrements photographiques des courbes de compression, en coupant l'image du fil par une fente fine et en déplaçant derrière cette fente un papier photographique vertical entraîné par les mouvements du piston. La correction de surface se fait automatiquement grâce à une inclinaison convenable de la fente.

L'autre appareil, monté spécialement en vue du dosage des films de protéines, comporte une cuve de grande surface, une longue suspension

([2]) On rejoint ainsi le domaine d'utilisation du micromanomètre superficiel à fil tendu, dont le principe a été exposé antérieurement (*Comptes rendus*, 206, 1938, p. 993).

(80^{cm}), et une longue bandelette (30^{cm}). L'appareil permet de mesurer des pressions de 0 à 6 dynes/cm, sans amplification optique, par simple déplacement d'un index solidaire du balancier devant une réglette graduée.

COUCHES SUPERFICIELLES. — *Sur l'existence de deux formes de couches superficielles de protéines*. Note de M. **Maurice Joly**, présentée par M. Jean Perrin.

Lorsqu'on mesure la viscosité de couches superficielles de protéines on constate qu'elle dépend de la façon dont ces couches ont été formées à la surface de l'eau.

Si l'on veille, lors de l'étalement d'une parcelle de protéine, à ce que la pression de la couche ne monte pas au-dessus de quelques dixièmes de dyne, la viscosité superficielle (1) reste faible (du même ordre que celle des couches liquides ordinaires, $\mu < 10^{-3}$), même si l'on comprime ensuite la couche jusqu'à plusieurs dynes.

Si, au contraire, on opère sans précaution en laissant monter la pression au cours de l'étalement, on remarque que, pour une même pression, la viscosité est beaucoup plus grande que dans le cas précédent (c'est ainsi que pour la sérumalbumine de bœuf sur HCl N/100 à 4 dynes, μ atteint 3.10^{-1}). De plus, pour les couches formées dans ces conditions, la viscosité varie au cours du temps : à pression constante, elle croît jusqu'à une limite qui n'est parfois atteinte qu'au bout de plusieurs heures. Cette variation de la viscosité manifeste une évolution de la couche que nous appellerons *vieillissement*. Parallèlement M. J. Guastalla a montré que les couches formées sous faible pression sont extrêmement stables; par contre les couches formées sous pression élevée ne sont pas stables dès leur formation : leur surface à pression constante ou leur pression à surface constante croît en même temps que la viscosité (2).

Ces faits conduisent à distinguer deux sortes de couches de protéines : les couches A, très stables et peu visqueuses; et les couches B, très visqueuses et qui présentent le phénomène de vieillissement.

La stabilité des couches A est particulièrement favorable à l'étude des isothermes. Avec les couches B, par contre, la compression n'est pas

(1) M. Joly, *Journal de Physique*, 7e série, 9, 1938, p. 345.

(2) E. Gorter et Th. Philippi, *Proc. K. Akad. Amst.*, 37, 1934, p. 788.

réversible et l'on observe une hystérèse considérable; pour ces couches ce sont les mesures de viscosité qui constituent le mode d'investigation le plus sensible.

Comme pour presque toutes les couches superficielles, la forme des isothermes et des courbes de viscosité des couches de protéines varie beaucoup avec le pH du support. Une propriété qui semble particulière aux couches B de protéines est la croissance de la viscosité avec la température, qui a également pour effet d'accélérer le vieillissement.

Lorsque l'on comprime une couche B, à partir d'une certaine pression la couche n'est plus assimilable à un fluide qui serait simplement très visqueux; il apparaît une rigidité notable et surtout une très grande élasticité qui rend la couche comparable à une membrane de caoutchouc : il y a gélification superficielle. Cette transformation est réversible; la pression de gélification varie avec la nature de la protéine et avec le pH du support.

Il résulte de mesures faites par M. D. Dervichian que l'effet électrique au passage de la couche est différent suivant que la couche est du type A ou B. D'autre part, en collaboration avec Mlle L. Denard et M. J. Guastalla, nous avons dosé par pesée des couches A et B : à pression égale la concentration superficielle n'est pas la même pour les deux sortes de couches; c'est ainsi que pour la sérumalbumine de bœuf sur HCl N/100 à 3 dynes, la densité superficielle de l'état B après vieillissement est de 7 à 8 fois plus grande que celle de l'état A.

CHALEUR. — *Convection de la chaleur à partir d'un plan où la distribution des températures est quelconque, par un fluide indéfini, à deux dimensions, dans lequel la distribution des vitesses est quelconque. Application à la loi de la convection naturelle.* Note (¹) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Soient x la coordonnée le long du plan, z la coordonnée normale au plan. Nous allons, en continuant (²) à assimiler le laplacien au seul gradient second suivant z pour fractionner la difficulté, nous affranchir de toute hypothèse quant aux vitesses du fluide et aux températures du plan.

Notre calcul sera valable aussi en régime *turbulent*, dans la mesure où

(¹) Séance du 20 mars 1939.

(²) Cf. *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1102.

la notion de trajectoire moyenne peut rester approximativement valable, car nous avons montré ([3]) qu'il suffisait, quand le régime devenait turbulent, d'introduire une force supplémentaire dans le problème hydrodynamique, *sans avoir rien à changer à la propagation de la chaleur.*

Nous allons montrer que le calcul de la convection reste possible, même si l'on omet les simplifications que promettent les stylisations traditionnelles. Et, à cet effet, nous nous donnerons, à dessein, la répartition des vitesses du fluide, sous la forme ci-dessous, très générale, et, sauf cas très exceptionnels, sûrement suffisante en pratique, qui exprime seulement ces deux réalités physiques, vitesse nulle et gradient normal de vitesse fini, sur le plan

$$\text{(1)} \qquad U = (a_0 + a_1 z + b_1 x + a_2 z^2 + c_2 z x + b_2 x^2 + \ldots) z,$$

la distribution fixe des températures, sur le plan chaud, étant

$$V_0 = A_0 + A_1 x + A_2 x^2 + \ldots \qquad \text{et} \qquad V_1 = B_1 z + B_2 z^2 + B_3 z^3 + \ldots$$

dans la tranche $x = 0$.

L'équation de la convection s'écrit en régime permanent, en désignant par $c\rho$ la chaleur spécifique volumique du fluide, et par λ sa conductibilité

$$\text{(2)} \qquad \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = \frac{c\rho}{\lambda}(a_0 + a_1 z + b_1 x + \ldots) z \frac{\partial V}{\partial x}.$$

Posant $u = z^3 : x$, nous chercherons une solution de la forme

$$\text{(3)} \qquad V = f_0(u) + x^{\frac{1}{3}} f_1(u) + x^{\frac{2}{3}} f_2(u) + x^{\frac{3}{3}} f_3(u) + x^{\frac{4}{3}} f_4(u) + \ldots.$$

Le calcul montre que l'équation (2) est vérifiée formellement par une solution du type (3); f_0 et $u^{-\frac{1}{3}} f_1$ sont données par une intégration immédiate. Le calcul des autres fonctions f se ramène à des quadratures par la méthode de Laplace. Les conditions aux limites sont, d'une part, $\left[u^{-\frac{i}{3}} f_i(u)\right]_\infty = B_i$ et, d'autre part, $f_0(0) = A_0$, $f_1(0) = 0$, $f_2(0) = 0$, $f_3(0) = A_1$, $f_4(0) = 0$, $f_5(0) = 0$, $f_6(0) = A_2$, ...

Le flux de chaleur emporté se calcule en intégrant, pour la portion de plan considérée, $-\lambda(\partial V : \partial z)_{z=0}$. En explicitant seulement les résultats

([3]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 21.

relatifs aux termes en f_0 et en f_1, on trouve, dans le cas simple $B_i = 0$,

$$(4)\quad -\lambda\left(\frac{\partial V}{\partial z}\right)_{z=0} = \frac{3^{\frac{1}{3}}\lambda}{\Gamma\left(\frac{1}{3}\right)} A_0 \left[\left(\frac{c\rho}{\lambda x}\right)^{\frac{1}{3}} a_0^{\frac{1}{3}} + 3\int_0^\infty s^{\frac{2}{3}} e^{-2s}\, ds \int_s^\infty \nu^{-\frac{4}{3}} e^{-\nu}\, d\nu \frac{a_1}{a_0} + \ldots\right].$$

On ne sait rien, *a priori*, sur la manière dont les a dépendent de la vitesse moyenne W du fluide, dont ils sont sans doute des fonctions croissantes. Le développement, dont on donne ici les deux premiers termes, conviendrait pour les grandes valeurs de W, et cela d'autant plus que les termes a_1, ... seront plus notables.

Si, comme il arrivera souvent dans les études de convection, le régime d'écoulement est déjà partiellement établi, le développement (1) a une existence tout à fait certaine, et a_0 est proportionnel à W^1 au moins. Ce cas est précisément celui de la convection naturelle, à laquelle on peut appliquer la loi (4), qui dépasse le cas du plan illimité. Cela étant, quel que soit le mécanisme thermique de l'accélération du fluide, W sera, en gros, proportionnelle à une puissance de l'échauffement θ égale au moins à 1/2. Or les vitesses W que l'on réalise dans les mesures de convection facilement accessibles, étant grandes au sens indiqué plus haut, le flux enlevé *par le mouvement du fluide* (il s'y ajoute, d'ordinaire, un flux de conduction pure), est, en gros, proportionnel à $\theta^{1/6}$ au moins. Donc, si l'on porte en abscisse $\theta^{1/6}$, le flux sera une fonction de l'abscisse dont le *degré* ne sera pas inférieur à 1. Par suite, en extrapolant la courbe vers l'origine pour mettre en évidence, par une valeur-limite de l'ordonnée à l'origine trop forte pour la conduction pure, le nouveau régime (correspondant à l'écoulement *visqueux* du fluide autour du corps chaud) dont nous avions annoncé l'existence (1), en deçà du régime connu seul normalement accessible (et que nos collaborateurs, MM. Bory et Atanasiu sont parvenus d'ailleurs à observer), on n'aura pas à craindre une chute de la courbe sous une grande pente, et l'ordonnée-limite sera bien déterminée.

Le coefficient de convection naturelle, dans le régime habituel, serait ainsi, non pas, comme on le dit d'ordinaire, proportionnel à $\theta^{1/4}$, mais fonction à peu près linéaire de $\theta^{1/6}$. C'est ce que, du reste, viennent de vérifier les mesures de notre collaborateur, M. Jules Fleury, sur la convection entre cylindres coaxiaux. La prévision de l'infra-régime est particulièrement nette.

---

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1919; 202, 1936, p. 733.

CHALEUR. — *Les chaleurs spécifiques du fer entre* 1°,5 *et* 20°K. Note de M. **Georges Duyckaerts**, présentée par M. Aimé Cotton.

Jusqu'à présent, seul le nickel (¹) parmi les substances ferromagnétiques a fait l'objet de recherches calorimétriques aux très basses températures. Il nous a paru intéressant de compléter les connaissances relatives aux propriétés de ces éléments, en étudiant le fer et le cobalt. Nous rendons compte ci-dessous des résultats obtenus pour le fer dans le domaine de températures de 1°,5 à 20°K. Les mesures ont été effectuées suivant la technique généralement employée au Clarendon Laboratory d'Oxford (²). L'échantillon utilisé est du fer Heraeus préparé à partir du fer carbonyle, fondu dans le vide et d'une pureté de 99,9 pour 100; son poids est de 360^g. Le thermomètre à résistance et la spirale de chauffage sont constitués par des fils de constantan d'une résistance d'environ 500 ohms chacun. Nous donnons ci-dessous les valeurs des chaleurs atomiques du fer (C_{exp}) relevées sur la courbe expérimentale :

T°K.	C_{exp} cal/atg. deg.	C_{cal} cal/atg. deg.	T°K.	C_{exp} cal/atg. deg.	C_{cal} cal/atg. deg.
1,5......	0,00179	0,00180	12,0......	0,0219	0,0223
2,0......	0,00243	0,00243	14,0......	0,0284	0,0294
4,0......	0,00510	0,00509	16,0......	0,0372	0,0381
6,0......	0,00825	0,00819	18,0......	0,0475	0,0484
8,0......	0,0120	0,0119	20,0......	0,0615	0,0608
10,0......	0,0163	0,0166			

De 1,5 à 10°K., les valeurs expérimentales représentées par la formule

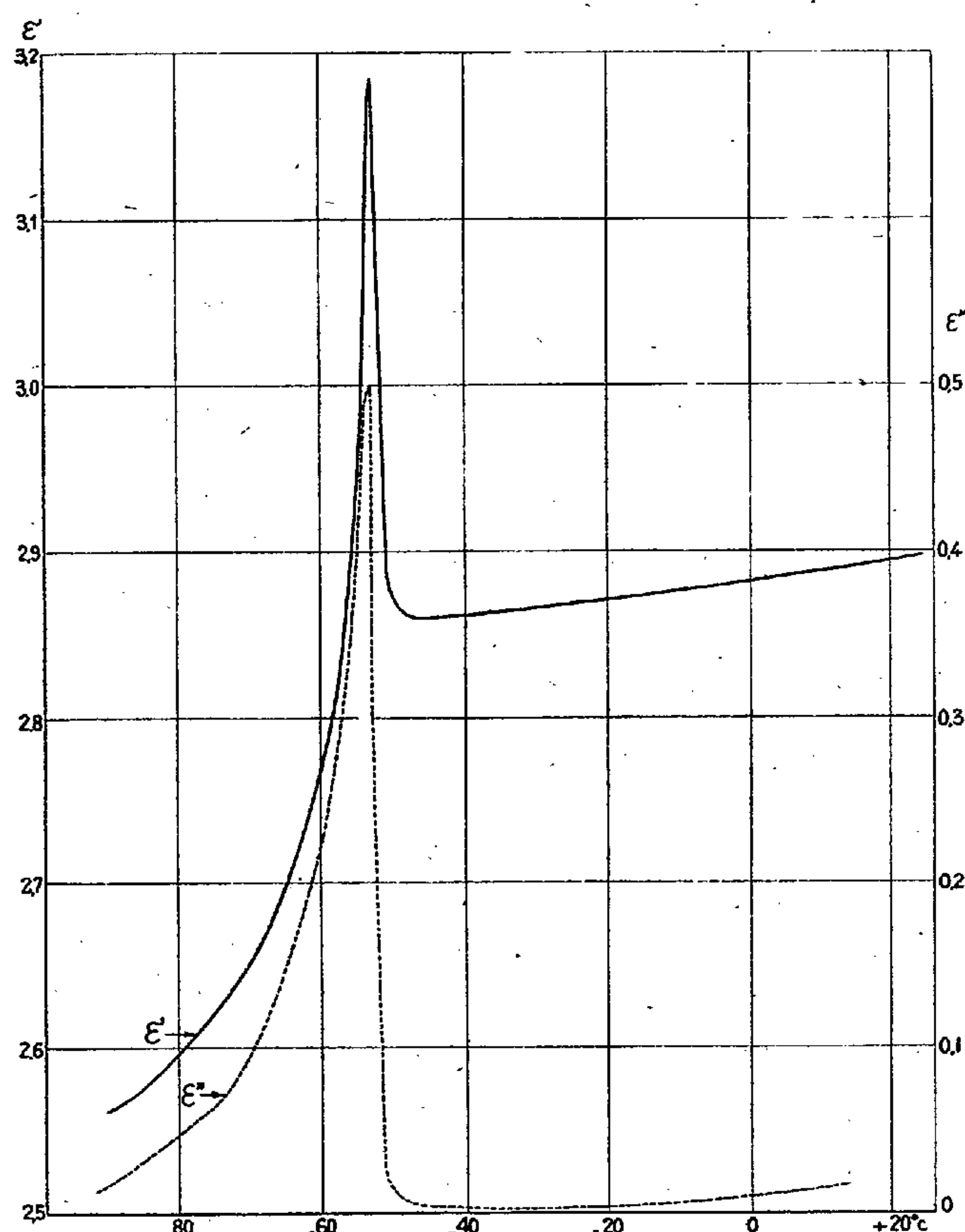
$$C_{cal} = 464,5\left(\frac{T}{465}\right)^3 + 1,20.10^{-3}T \text{ cal/atg. deg.}$$

Dans cette formule le premier terme correspond à la chaleur spécifique vraie du réseau, le terme linéaire résulte de la chaleur spécifique des électrons. Au-dessus de 10°K., l'écart entre les valeurs mesurées et les valeurs calculées doit être attribué à une variation de la température caractéristique de Debye, conformément à la théorie de Blackmann.

(¹) W. H. Keesom and C. W. Clark, *Physica*, 2, 1935, p. 513.
(²) Voir G.-L. Pickard, *Chaleurs spécifiques du palladium* (*Thèse* d'Oxford.)

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la constante diélectrique du sulfate d'ammonium au voisinage du point* λ. Note (1) de M. **Robert Guillien**, présentée par M. Aimé Cotton.

De nombreux sels ammoniacaux présentent entre — 20° et — 70° C. une transition λ décelée par un maximum de la chaleur spécifique (2) ou une anomalie de dilatation (3). Pauling a supposé (4) qu'au-dessus du point λ



les quatre atomes H deviennent mobiles autour de l'atome N. La constante diélectrique ε de ces sels devrait alors être bien plus faible au-dessous du

(1) Séance du 20 mars 1939.

(2) F. Simon, Cl. von Simson, M. Ruhemann, *Zeits. für Phys. Chem.*, **129**, 1927, p. 339; J. L. Crenshaw et I. Ritter, *Zeits. für Phys. Chem.*, B, **16**, 1932, p. 143.

(3) F. Simon et R. Bergmann, *Zeits. für Phys. Chem.*, B, **8**, 1930, p. 255.

(4) L. Pauling, *Phys. Review*, **36**, 1930, p. 430.

point λ (comme pour HCl et CH^3OH). A ma connaissance, on ne possède que quelques mesures de ε à froid relatives au sulfate neutre $SO^4(NH^4)^2$ semblant montrer [5] que ε reste constant.

J'ai repris cette étude à l'aide d'un procédé déjà décrit [6] permettant des mesures précises et rapides. La longueur d'onde était de 2700^m. Le sulfate d'ammonium desséché était en poudre cristalline (grains de 1^{mm} environ) de densité 0,763 g/cm^3. J'ai mesuré les deux parties ε' et ε'' de la constante diélectrique complexe $\varepsilon = \varepsilon' - i\varepsilon''$.

Les résultats essentiels sont les suivants : quand la température s'abaisse 1° la constante diélectrique ε' passe par un maximum aigu à — 53,4° C.; 2° l'absorption électrique ε'', presque nulle au-dessus du point λ, atteint un maximum élevé à — 53,4° C., puis décroît lentement; 3° la chaleur spécifique, comme le montre la vitesse de variation de la température, a aussi son maximum à — 53,4° C., température un peu inférieure à celle indiquée par Crenshaw et Ritter (50,7° C.).

La constante diélectrique ε' et l'absorption électrique ε'' sont donc simultanément maxima au point λ. L'augmentation de ε' au delà de sa valeur à — 40° C. avant sa chute et l'existence d'une forte absorption électrique au-dessous du point λ semblent difficiles à expliquer par la seule hypothèse de Pauling.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les télécommunications en haute fréquence le long des lignes de transport d'énergie.* Note de M. **Fernand Carbenay**, présentée par M. Camille Gutton.

Nous avons donné [1], pour une ligne triphasée suffisamment longue, l'expression de l'impédance à l'émission, relative à la phase I servant à la transmission, en fonction de l'impédance (z_{20}) reliant à la terre l'extrémité ($x = 0$) de l'ensemble des phases II et III assimilable à une ligne équivalente (2).

Pour de courtes distances à partir de l'origine ($x = 0$), les amplitudes des deux ondes de tension, pour la phase I, en fonction de la différence de

(5) H. Joachim, *Ann. der Physik*, 60, 1919, p. 570.
(6) R. Guillien, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 668.

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 565 et 736.

potentiel appliquée $(U_1)_{x=0}$, sont sensiblement

$$Q_1 = \frac{k_2 z_{20} - \sigma_2}{(k_2 - k_1) z_{20} + \sigma_1 - \sigma_2} (U_1)_{x=0}, \qquad Q_2 = - \frac{k_1 z_{20} - \sigma_1}{(k_2 - k_1) z_{20} + \sigma_1 - \sigma_2} (U_1)_{x=0}.$$

L'interférence de ces ondes fait apparaître, en certains points de la ligne, espacés de plusieurs longueurs d'onde, un affaiblissement apparent sur la phase de transmission et un renforcement correspondant sur les autres phases. En d'autres termes, l'énergie de haute fréquence se propage le long de la ligne en passant alternativement de la phase de transmission proprement dite aux phases voisines.

Les constantes d'affaiblissement des deux ondes se propageant le long de la ligne sont différentes : la plus grande onde a une constante d'affaiblissement nettement inférieure (surtout si la perditance et la résistance du sol sont négligeables). A partir d'une distance suffisante de l'origine de la ligne, les interférences disparaissent, car l'onde la moins amortie se propage pratiquement seule sur les trois phases de la ligne supposée indéfinie.

Les trois phases participent donc, d'une manière générale, à la propagation, et les conditions aux limites de l'ensemble des phases II et III, à l'extrémité ($x = X$) de la ligne triphasée, interviennent dans l'expression des tensions et des courants à la réception.

Désignons par z_{1X} l'impédance reliant à la terre l'extrémité ($x = X$) de la phase I (de transmission), par z_{2X} l'impédance reliant à la terre l'extrémité ($x = X$) de l'ensemble des phases II et III. En supposant la longueur X de la ligne suffisante pour rendre négligeables les termes P_1 et P_2, devant Q_1 et Q_2, condition réalisée pratiquement, la différence de potentiel par rapport à la terre, à l'extrémité ($x = X$) de la phase I, ou tension de réception, est

$$(U_1)_{x=X} = P_1 e^{r_1 X} + Q_1 e^{-r_1 X} + P_2 e^{r_2 X} + Q_2 e^{-r_2 X},$$

et l'intensité du courant de réception est

$$(I_1)_{x=X} = h_1 (P_1 e^{r_1 X} - Q_1 e^{-r_1 X}) + h_2 (P_2 e^{r_2 X} - Q_2 e^{-r_2 X}),$$

ou

$$(I_1)_{x=X} = \frac{1}{z_{1X}} (U_1)_{x=X}$$

Q_1 et Q_2 sont donnés, dans ce qui précède, en fonction de la différence de potentiel $(U_1)_{x=0}$ appliquée à l'extrémité ($x = 0$) de la phase I. P_1 et P_2

s'expriment par les relations

$$
\begin{aligned}
& [(k_1 z_{2X} - \sigma_1)(h_2 z_{1X} - 1) - (h_1 z_{1X} - 1)(k_2 z_{2X} - \sigma_2)] P_1 e^{r_1 X} \\
= \; & [(h_2 z_{1X} - 1)(k_1 z_{2X} + \sigma_1) - (k_2 z_{2X} - \sigma_2)(h_1 z_{1X} + 1)] Q_1 e^{-r_1 X} \\
+ & [(h_2 z_{1X} - 1)(k_2 z_{2X} + \sigma_2) - (k_2 z_{2X} - \sigma_2)(h_2 z_{1X} + 1)] Q_2 e^{-r_2 X}, \\
& [(k_1 z_{2X} - \sigma_1)(h_2 z_{1X} - 1) - (h_1 z_{1X} - 1)(k_2 z_{2X} - \sigma_2)] P_2 e^{r_2 X} \\
= \; & [(h_1 z_{1X} + 1)(k_1 z_{2X} - \sigma_1) - (k_1 z_{2X} + \sigma_1)(h_1 z_{1X} - 1)] Q_1 e^{-r_1 X} \\
+ & [(h_2 z_{1X} + 1)(k_1 z_{2X} - \sigma_1) - (k_2 z_{2X} + \sigma_2)(h_1 z_{1X} - 1)] Q_2 e^{-r_2 X}.
\end{aligned}
$$

L'ensemble de ces relations et de celles des Notes antérieures définit la transmission en haute fréquence, le long d'une ligne de transport d'énergie, en fonction des constantes de la ligne et des impédances aux extrémités. Les impédances z_{20} et z_{2X} reliant à la terre les extrémités des phases II et III se rappportent à des appareils ou à des machines d'exploitation du réseau d'énergie et non à des organes du matériel d'équipement des télécommunications qui est limité à la phase de liaison. Ces impédances, non définies pour les fréquences de transmission, sont fonction de l'état de charge de la ligne et peuvent, en principe, varier de l'infini à zéro suivant que la ligne est ouverte ou reliée directement à la terre. Il en résulte que certaines liaisons à fort affaiblissement, notamment celles comportant des ponts de franchissement de coupures qui introduisent autant de groupes d'impédances indéterminées, peuvent être affectées par les manœuvres d'exploitation du réseau.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Effet photogénique et activation électronique du radical* $N \equiv N$. Note [1] de MM. **René Audubert** et **R. Raléa**, présentée par M. Jean Perrin.

Plusieurs mécanismes sont susceptibles de rendre compte des émissions de rayonnement ultraviolet par les réactions chimiques. Dans certains cas les photons émis seraient le résultat d'une rencontre privilégiée entre molécules métastables fortement activées (choc de quatrième espèce) [2]; dans d'autres ils pourraient provenir de processus intermédiaires entre radicaux ou atomes; enfin on sait que certains radicaux (CO, CN, $N \equiv N$, ...) peuvent, dans une molécule polyatomique, se trouver dans

(1) Séance du 20 mars 1939.

(2) R. Audubert, *J. Chim. Phys.*, 33, 1936, p. 507.

un état activé (3). Il en résulte que dans la réaction de décomposition de ces molécules, le radical libéré au cours de l'acte chimique primaire est capable, en retombant au niveau normal, d'émettre des photons de quantum élevé.

La décomposition thermique des azotures, comme l'a montré l'un de nous (4), s'accompagne d'émission de rayonnement ultraviolet et l'énergie d'activation du processus photogénique est indépendante du métal associé au groupement N^3.

D'un autre côté le spectre de ces émissions déterminé dans le cas de N^3K, N^3Na (5); N^3Ag (6); N^3Tl est le même et comprend des bandes étroites que l'on peut rattacher aux niveaux d'excitation de la molécule N^2. De tels faits conduisent à penser que l'émission des azotures doit être liée à l'activation électronique du radical $N \equiv N$.

Il nous a donc paru intéressant d'étudier, du point de vue photogénique, la décomposition thermique de deux substances composées des mêmes constituants : l'azoture d'iode (N^3I) et l'iodure d'azote (avec une molécule d'ammoniac NI^3NH^3 et sans ammoniac NI^3), mais dans lesquels l'azote et l'iode sont différemment liés. L'existence possible d'un radical $N \equiv N$ activé dans la molécule d'azoture d'iode permet de prévoir que la dissociation thermique de cette substance sera photogénique, alors que celle d'iodure d'azote ne devra donner lieu à aucune émission.

Pour mettre en évidence le rayonnement émis au cours de la décomposition de ces produits, nous avons utilisé un photocompteur à CuI, capable de déceler l'intensité de lumière de l'ordre de quelques photons par seconde et par centimètre carré (7). Le maximum, très aigu, de la courbe de sensibilité spectrale du compteur est situé aux environs de 2350 Å (8); le montage de l'appareil était identique à celui déjà décrit (9). La dissociation thermique des produits a été obtenue sur un bloc chauffant.

L'azoture d'iode a été obtenu à partir de la méthode donnée par Hantzsch (10),

(3) V. Henri, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 67.
(4) R. Audubert, *J. Chim. Phys.*, 34, 1937, p. 405.
(5) R. Audubert, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 748.
(6) R. Audubert, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 133.
(7) R. Audubert, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 918.
(8) R. Audubert et J. Mattler, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1005.
(9) R. Audubert, *J. de Phys. et Radium*, 7e série, 6, 1936, p. 87.
(10) *Ber. d. chem. Ges.*, 33, 1900, p. 524.

légèrement modifiée. Au lieu d'agiter une solution éthérée d'iode avec une suspension d'azoture d'argent dans l'eau, conditions qui favorisent la décomposition de l'azoture d'iode par l'eau et rendent de ce fait difficile la préparation du produit, nous avons, pour éviter cet inconvénient, fait réagir de l'azoture d'argent fraîchement préparé et séché, en suspension dans une solution d'iode dans l'éther anhydre.

La préparation de l'iodure d'azote avec 1^{mol} d'ammoniac a été effectuée en faisant réagir l'iode avec l'ammoniac à la température de 0°, d'accord avec les indications de C. Hugot ([11]) et de Otto Ruff ([12]).

L'iodure d'azote sans ammoniac a été préparé d'après la méthode donnée par H. W. Cremer et D. R. Duncan ([13]).

La température de détonation de tous ces composés est située aux environs de 60 degrés.

Le tableau suivant contenant les accroissements, ΔN, des décharges du compteur (proportionnels aux intensités du rayonnement) sous l'influence du phénomène étudié, met nettement en évidence une émission dans le cas de l'azoture d'iode et une absence d'émission dans les cas de NI^3 NH^3 et de NI^3.

Cette différence est d'autant plus sensible que les quantités d'azoture d'iode utilisées dans chaque expérience étaient, pour raisons de sécurité, extrêmement faibles, tandis que dans le cas des autres substances les quantités placées sur le bloc étaient de l'ordre de $0^{g},5$.

ΔN.	N_3I.	NI_3NH_3.	NI_3.
ΔN_1 à l'obscurité	$3,4 \pm 0,4$	$3 \pm 0,5$	6 ± 1
ΔN_2 avant la décomposition visible	4 ± 1	$3,5 \pm 0,8$	5 ± 1
ΔN_3 décomposition visible avant l'explosion	12 ± 2		
ΔN_4 l'explosion dernière minute	$20 \pm 1,5$	$3 \pm 0,2$	4 ± 1

Ces résultats apportent donc une confirmation nouvelle de l'existence d'un radical $N \equiv N$ activé dans le groupement N_3, et montrent que dans ce type de réaction photogénique, l'émission de rayonnement ultraviolet accompagnant la thermolyse doit être due à la désactivation de ces radicaux libérés par la rupture de l'équilibre moléculaire.

(11) *Comptes rendus*, 130, 1900, p. 505.
(12) *Ber. d. chem. Ges.*, 33, 1900, p. 3025.
(13) *J. Chem. Soc. London*, 133, 1900, p. 2750.

MAGNÉTISME. — *Diamagnétisme des gaz rares de l'air, argon, krypton, xénon.* Note [1] de M. **Louis Abonnenc**, transmise par M. Pierre Weiss.

La mesure du coefficient de susceptibilité de ces gaz, basée sur la variation de poids qu'éprouve une goutte d'un liquide lorsque cette goutte se forme successivement dans une atmosphère d'hydrogène et du gaz étudié, ne s'étant pas montrée suffisamment précise, j'ai modifié ainsi la méthode.

On forme entre les pôles d'un électroaimant, dans une atmosphère d'un gaz dont le coefficient de susceptibilité κ' est connu, des gouttes d'une solution aqueuse paramagnétique. On modifie la concentration jusqu'à ce que le poids des gouttes formées reste le même dans le champ magnétique ou en son absence. On réalise ainsi une solution magnétiquement neutre dans ce gaz; soit τ_1 sa concentration, mesurée par le nombre de grammes de sel dissous dans un gramme de solution.

On réalise de la même façon une solution du sel magnétiquement neutre dans le gaz étudié, soit τ_2 sa concentration. Soit τ_0 la concentration de la solution magnétiquement neutre (dans le vide). Comme τ_1 et τ_2 sont voisins de τ_0, il est légitime d'appliquer la loi d'additivité entre les limites τ_0 et τ_1 ou τ_2. Soient κ_1 et κ_2 les coefficients de susceptibilité des deux solutions, χ_1 et χ_2 leurs coefficients d'aimantation spécifique, D_1 et D_2 leurs densités.

On a

$$\kappa_1 = \chi_1 D_1 \quad \text{et} \quad \chi_1 = -0,72\left(1 - \frac{\tau_1}{\tau_0}\right)10^{-6},$$

$$\kappa_2 = \chi_2 D_2 \quad \text{et} \quad \chi_2 = -0,72\left(1 - \frac{\tau_2}{\tau_0}\right)10^{-6}.$$

Donc

$$\chi_2 - \chi_1 = 0,72\,\frac{\tau_2 - \tau_1}{\tau_0}\,10^{-6}.$$

Les densités D_1 et D_2 sont très voisines; à la limite de précision des mesures on peut écrire $D_1 = D_2$, et d'autre part remplacer τ_0 par τ_1. On a dès lors

$$\kappa_2 - \kappa_1 = 0,72\,\frac{\tau_2 - \tau_1}{\tau_1}\,10^{6}. \quad (1)$$

(1) Séance du 13 mars 1939.

Cette équation donne $\varkappa_2$ si $\varkappa_1$ est connu; or $\varkappa_1 = -\varkappa'$. D'autre part, si $\varkappa$ est le coefficient de susceptibilité du gaz, $\varkappa = -\varkappa_2$.

$\tau_2 - \tau_1$ est faible et doit être déterminé *directement* et avec précision. A cet effet, on réalise le maximum de courant que peut supporter l'électroaimant sans se préoccuper des variations possibles du champ magnétique. Le résultat n'est pas influencé par ces variations.

On forme, d'autre part, la goutte dans la région où le produit $\mathcal{H}(\partial\mathcal{H}/\partial z)$ est maximum, $\partial\mathcal{H}/\partial z$ est le taux de la variation du champ le long de la verticale, dans la région occupée par la goutte.

Le fait que les variations du champ magnétique n'influent pas sur le résultat des mesures constitue un important avantage de cette méthode; il élimine une cause d'erreur difficile à évaluer et qui peut être importante.

Un second avantage est que la fréquence N de formation des gouttes peut être quelconque; la méthode exige seulement que cette fréquence se maintienne constante pendant la durée de deux essais faits, l'un dans un champ nul, l'autre lorsque le champ existe.

Cette condition est facile à réaliser avec précision; l'expérience a montré, en effet, que pour certaines valeurs de N, il s'établit un régime de chute très régulier.

Lorsqu'on a réalisé ce régime régulier, le poids de 100 gouttes se maintient constant à 1 ou 2^{mg} près, ce qui permet de mettre en évidence des variations de la concentration de l'ordre de quelques milligrammes de sel solide par litre.

Mesures et résultats. — La solution aqueuse paramagnétique est une solution de sulfate de cuivre hydraté $SO^4Cu + 5H^2O$; le gaz étalon est l'hydrogène.

Les gaz expérimentés sont toujours substitués directement à l'hydrogène, ils ne peuvent être en contact avec l'air. Les mesures ont été faites à 20°.

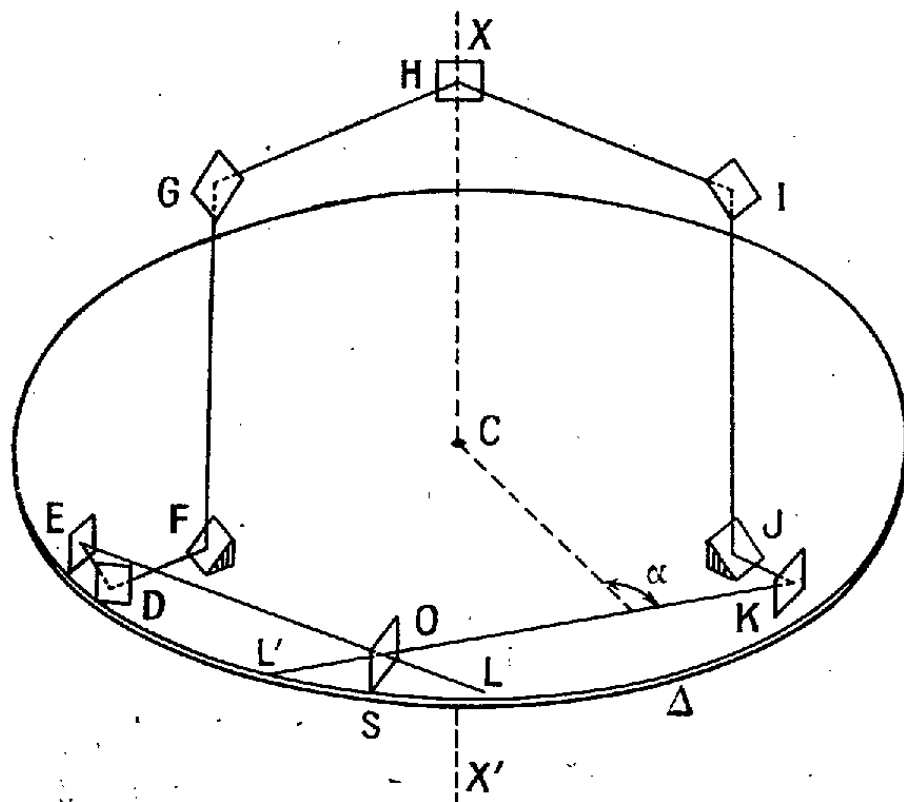
J'ai pris comme valeur du coefficient de susceptibilité de l'hydrogène à 20° et sous la pression normale $\varkappa' = -1{,}66.10^{-10}$; l'expérience m'a fourni d'autre part $\tau_1 = 0{,}1135$; $D_1 = 1{,}0732$ à 20°. Je donne, dans le tableau ci-après, la moyenne des valeurs obtenues pour $\tau_2 - \tau_1$, ramenées à 76^{cm} de mercure en multipliant le nombre trouvé sous la pression H par 760/H; les valeurs de $\varkappa$ à 20° et sous la pression normale pour les gaz étudiés; les valeurs de χ et de χ_a, susceptibilité atomique, ainsi que les valeurs de χ_a obtenues par Mann (²).

(²) *Zeits. f. Phys.*, 98, 1936, p. 548.

Gaz.	$(\tau_2-\tau_1).10^6$.	$(\varkappa_2-\varkappa_1).10^{10}$.	$\varkappa.10^{10}$ à 20 et 760°.	$\chi.10^6$.	$\chi_a.10^6$.	$\chi_a.10^6$ Mann.
Argon...	93,2	6,34	— 8,00	—0,481	$-19,2 \pm 0,25$	19,45
Krypton.	145	10,48	—12,14	—0,349	$-29,2 \pm 0,2$	28
Xénon...	245	16,68	—18,34	—0,336	$-44,1 \pm 0,2$	42,4

OPTIQUE. — *Sur l'effet observé sur un disque de Sagnac en rotation quand une partie du circuit optique n'est pas entraînée.* Note de MM. **Alexandre Dufour** et **Fernand Prunier**.

Le dispositif utilisé dans cette étude est schématiquement représenté en perspective dans la figure. Le collimateur L′ et la lunette L non dessinés, la glace S (séparatrice et réceptrice) où se trouve l'observateur O, les miroirs K, J, D, E, F sont tous solidaires du disque de Sagnac Δ, ici de diamètre 1^m, et tournent avec lui; la glace S est à peu près à égale distance des miroirs F et J; en outre CF = CJ. Les miroirs G, H, I restent fixes et



ne participent pas à la rotation du disque. Pour tous les miroirs autres que F, G, I, J, les plans d'incidence sont horizontaux, parallèles au disque. Seuls les plans d'incidence des miroirs F, G, I, J sont verticaux et contiennent l'axe de rotation XCX′. Ces miroirs sont inclinés à 45° sur la verticale, F se trouvant parallèle à G, et J parallèle à I au moment de l'éclair, effectué ici en lumière blanche. Les longueurs FG et IJ sont

égales à 10^{cm}. L'un des faisceaux interférents suit le chemin SKJ sur le disque, puis JIHGF parcours fixe dans le laboratoire, et enfin FDES sur le disque; l'autre faisceau marche en sens inverse. Les franges sont enregistrées sur une plaque photographique liée au disque Δ dans le plan focal de la lunette L.

Pour une rotation sans vitesse sensible du disque, les franges ne subissent aucune modification durant l'éclair.

Quand la vitesse de rotation du disque devient appréciable, la plaque photographique enregistre un décalage des franges atteignant $2/10^e$ d'interfrange pour les deux sens de rotation quand la vitesse angulaire est d'environ 3,5 tours par seconde.

Signalons tout de suite que : 1° les déplacements du point d'arrivée sur J du rayon issu de F, lors de la rotation, et réciproquement pour F par rapport à J, ne déterminent aucun retard supplémentaire, la compensation de ces deux effets s'effectuant par suite du retournement de l'un des faisceaux par le miroir supplémentaire E; 2° la vitesse linéaire des miroirs F, J, ne dépassant pas 9 mètres par seconde, l'obliquité qui peut en résulter pour le rayon FG ou JI, n'atteint que $6/1000^e$ de seconde sexagésimale, valeur considérée ici comme négligeable. Les deux chemins optiques fixes gardent alors des longueurs égales à un infiniment petit près d'ordre supérieur.

Le phénomène d'interférence observé par O entraîné, peut être prévu en faisant appel à la considération du nombre d'ondes échelonnées à un instant donné sur les parcours optiques. Or le long des parcours fixes dans le laboratoire, de F à J et de J à F, le nombre d'ondes a une certaine valeur définie par les propriétés de la lumière et qui est nécessairement la même quelle que soit la théorie d'interprétation qu'utilise l'observateur entraîné O. Mais si cet observateur entraîné O admet $c \pm v \sin\alpha$ comme vitesse de la lumière par rapport à lui (v est la vitesse linéaire d'entraînement, variable avec le point considéré du parcours optique sur le disque), le nombre d'ondes qu'il attribue aux trajets inverses effectués par la lumière sur le disque ne sont pas les mêmes; il prévoit donc un décalage des franges de valeur déterminée par l'aire de sommet C centre de rotation, et dont la base est le parcours lumineux sur le disque. Tandis que, si l'observateur entraîné O admet que la vitesse de la lumière est c, au second ordre près, pour tout parcours rectiligne passant par O, le nombre d'ondes qu'il attribuera à ces trajets inverses sera le même, et le déplacement prévu pour les franges sera inférieur au précédent; dans le montage actuel, il sera ainsi

conduit à prévoir un décalage des franges de valeur déterminée par l'aire de sommet O, position occupée par l'observateur, et de base le parcours lumineux entraîné, décalage qui serait ici environ 10 fois plus petit que le précédent.

Pour une vitesse angulaire de 3,75 tours par seconde et pour les deux sens de rotation, dans les conditions de nos expériences correspondant à un angle FCJ de 120° et à des distances $CF = CJ = 40^{cm}$, le décalage prévu des franges est de l'ordre de 2/10e d'interfrange dans la première hypothèse, et, dans la seconde, seulement de 2/100e d'interfrange.

L'expérience réalisée ici donne donc raison, semble-t-il, à l'observateur entraîné O pour lequel la vitesse de la lumière serait $c \pm v \sin\alpha$ sur le disque en rotation.

BIRÉFRINGENCE MAGNÉTIQUE. — *Influence de l'interaction moléculaire sur la biréfringence magnétique des liquides polaires.* Note [1] de M. **Arcadius Piekara**, présentée par M. Aimé Cotton.

On a souvent indiqué l'intérêt que présente l'étude expérimentale de la biréfringence magnétique des solutions au point de vue de l'interaction moléculaire [2]. Parmi de nombreux expérimentateurs, nous avions étudié les solutions de nitrobenzène dans les solvants non polaires, en fonction de la concentration et de la température. Les résultats obtenus n'avaient conduit au début qu'à des conclusions qualitatives (et assez vagues) sur le rôle de l'interaction des molécules dans ce phénomène. Récemment H. König [3] a calculé, d'après nos mesures, la constante *moléculaire* de Cotton-Mouton pour le nitrobenzène, définie par la formule

$$C_m = \frac{6C\lambda n}{(n^2+2)^2}\,\frac{M}{\rho},$$

où C représente la constante habituelle de Cotton-Mouton. Il a trouvé que C_m *augmente* avec la concentration à partir de $C_m^0 = 400.10^{-17}$ environ pour le nitrobenzène infiniment dilué (dans CCl^4), jusqu'à $C_m = 700.10^{-17}$

(1) Séance du 20 mars 1939.

(2) Cf. A. Cotton et H. Mouton, *Ann. de Chim. et Phys.*, 30, 1913, p. 321; A. Goldet et A. Piekara, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 271; A. Piekara, *Journ. de Phys.*, 31, 1934, p. 541; A. Goldet, *Annales de Phys.*, 10, 1938, p. 5.

(3) *Ann. der Phys.*, 13, 1938, p. 289.

pour le nitrobenzène pur (les deux valeurs se rapportent à la température de 20°). Partant de là, nous calculons le facteur

$$R_{CM} = \frac{C_m}{C_m^0} = 1,75,$$

pour lequel nous voulons conserver le nom « facteur de réduction » de la constante de Cotton-Mouton, par analogie aux facteurs de réduction de la polarisation, de l'effet Kerr, etc., bien que ce rapport soit dans ce cas plus grand que 1. En outre, König, ayant mesuré la biréfringence magnétique de la vapeur de nitrobenzène, a établi que $C_m^{gaz} < 550 . 10^{-17}$ (pour 20°), de sorte qu'elle est plus petite que dans l'état liquide. La théorie de l'orientation moléculaire conduit, lorsque les molécules sont libres, à la formule $C_m^0 = 2\pi N \theta_1$, où θ_1 représente l'expression bien connue, tout à fait analogue à celle de la constante de Kerr. Mais, dans le cas des liquides il faut envisager les interactions des molécules. Nous admettons que ce sont des interactions du même genre que celles qui expliquent la diminution de la polarisation diélectrique des liquides par rapport à celle relative à l'état gazeux. Tandis que Debye explique cette diminution par un couplage des dipôles empêchant leurs rotations (couplage que nous avons appelé de première espèce), nous la regarderons plutôt comme un couplage de deuxième espèce ([4]) qui tend à coupler deux à deux les molécules les plus voisines, sans provoquer une association proprement dite, comme par exemple dans le cas des acides gras. Cette hypothèse nous paraît mieux s'accorder avec les résultats expérimentaux sur la polarisation diélectrique ([4]).

Nous avons calculé la constante moléculaire de Cotton-Mouton des liquides polaires, particulièrement du nitrobenzène, en considérant l'une et l'autre des deux sortes de couplages. Nous avons admis que la molécule du nitrobenzène a une symétrie de révolution et que l'axe de la plus grande polarisabilité magnétique a même direction que le moment électrique.

1. Dans le cas où les interactions moléculaires sont dues exclusivement à des couplages de première espèce, nous avons obtenu pour R_{CM} l'expression suivante

$$R_{CM} = 3\frac{L}{y}\left(2 - 3\frac{L}{y}\right),$$

([4]) Sur ces deux hypothèses, ainsi que sur la comparaison des résultats théoriques et expérimentaux, voir A. PIEKARA, *Acta Phys. Polonica*, 6, 1937, p. 130.

où $y = E/kT$, E étant l'énergie du couplage et L la fonction de Langevin de y. D'après la formule ci-dessus, le facteur R_{CM} (et par suite C_m) est une fonction de y plus petite que 1 et qui décroît quand y croît, ce qui est évidemment contraire à l'expérience.

2. Dans le cas où les interactions moléculaires sont déterminées par un couplage de seconde espèce, on obtient

$$R_{CM} = 2 - 3\frac{L}{y},$$

L, y et E ayant les mêmes significations qu'auparavant. Cette fonction satisfait aux deux conditions imposées par l'expérience : elle croît avec y (donc avec la concentration) et reste toujours supérieure à 1. (Pour $y \gg 1$, très fort couplage correspondant à une association, $R_{CM} = 2$.) De plus, la formule ci-dessus permet de calculer R_{CM} et par conséquent C_m, si nous acceptons pour y la valeur déterminée à l'aide des mesures de la polarisation diélectrique du nitrobenzène.

Faisons ce simple calcul. La polarisation diélectrique du nitrobenzène P_{or}, provenant de l'orientation des dipôles, est de 53,45 à 20°, tandis qu'à l'état gazeux $P_{or}^{gaz} = 366$ à la même température ([5]). De là on déduit pour le facteur de réduction de la polarisation

$$R_P = \frac{P_{or}}{P_{or}^{gaz}} = 0,146.$$

D'autre part l'hypothèse de l'existence d'un couplage de seconde espèce conduit à une formule simple donnant R_P :

$$R_P = 1 - L.$$

D'où $L = 0,854$, ce qui correspond à $y = 6,9$. Avec cette valeur, on obtient tout de suite $R_{CM} = 1,63$, ce qui donne $C_m = R_{CM} . C_m^0 = 652 . 10^{-17}$, en assez bonne concordance avec la valeur trouvée par König ($700 . 10^{-17}$). Ajoutons que la dernière valeur trouvée par Grodde pour le nitrobenzène à 20° $C_m = 656 . 10^{-17}$ est encore plus voisine de la valeur que nous calculons.

([5]) Cf. A. Piekara, *Zeitschr. f. Phys.*, 108, 1938, p. 395.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Sur le dichroïsme circulaire magnétique des sulfocyanures de cobalt.* Note (¹) de MM. **Julien Verhaeghe** et **Michel van Eyck**, présentée par M. Aimé Cotton.

Il y a quelques années, MM. A. Cotton et M. Schérer et, d'autre part M. Cordonnier publièrent (²) les résultats de recherches concernant le dichroïsme circulaire magnétique du chlorure de cobalt, sel dont l'activité est paramagnétique, et de la thiobenzophénone, à activité exclusivement diamagnétique. Pour cette dernière substance on n'observa pas de dichroïsme, mais pour le $CoCl^2$ on trouva un dichroïsme très net, grâce aux champs magnétiques intenses dont dispose le laboratoire de Bellevue.

Dans deux travaux plus récents (³) nous avons communiqué les résultats de mesures de polarisation rotatoire magnétique, effectuées sur des solutions de sulfocyanures de cobalt dans l'acétone, au voisinage de la bande d'absorption. Nous avons fait remarquer que ces sels présentent en cet endroit une activité exceptionnellement grande, en même temps qu'une dispersion très caractéristique.

Quoique les dispersions soient en apparence du type d'une anomalie symétrique, comme le montre la figure (*a*) (⁴), il nous sembla cependant qu'on ait affaire à une superposition de deux anomalies asymétriques ayant leurs maxima en opposition. Nous avions tiré cette conclusion du fait que la rotation magnétique dépendait fortement de la température et que le spectre d'absorption de nos solutions était composé de deux bandes d'inégale intensité, la plus faible correspondant à une longueur d'onde de $586^{m\mu}$ et l'autre à $\lambda\, 630^{m\mu}$.

Vu la forte rotation paramagnétique des sels employés, on pouvait s'attendre à trouver un dichroïsme circulaire magnétique mesurable, même dans des champs relativement faibles et à la température ordinaire.

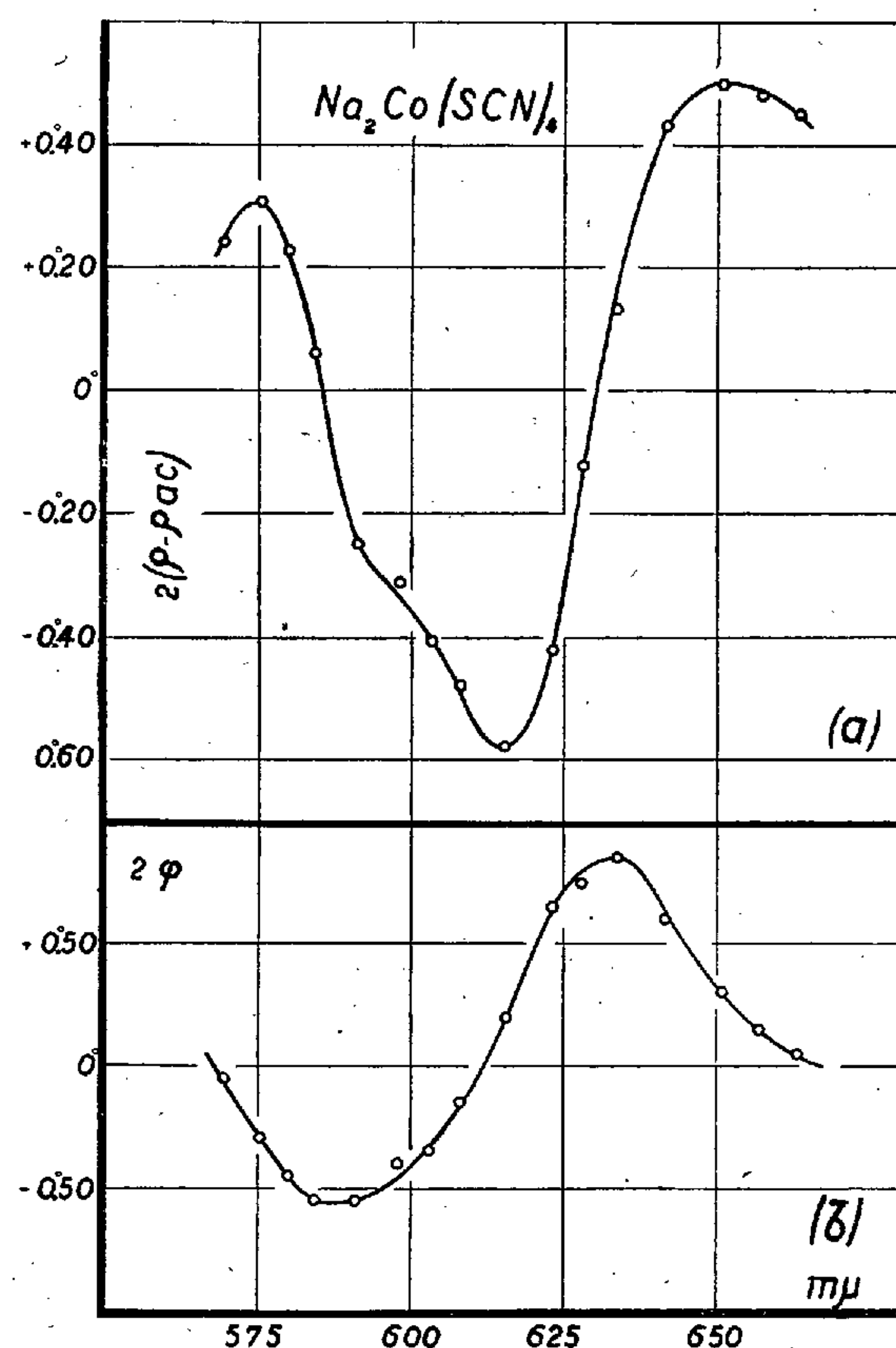
(¹) Séance du 20 mars 1939.

(²) A. Cotton et M. Schérer, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 915 et 950; M. Schérer et R. Cordonnier, *Comptes rendus*, 196, 1938, p. 1724.

(³) J. Verhaeghe, *Mém. Acad. Belg.*, 2ᵉ série, 13, 1934, p. 61-66; J. Verhaeghe et M. van Eyck, *Wis. en Natuurk. Tijds.*, 8, 1937, p. 170.

(⁴) La figure représente la rotation magnétique (*a*) et le dichroïsme circulaire magnétique (*b*) d'une solution de $Na^2Co(SCN)$ dans l'acétone. Concentration $0^g,0009$ par centimètre cube de solution. Densité 0,795 à 23°,5 C. Champ magnétique 15000 gauss.

C'est ce que nous avons pu observer en effet. La figure (*b*) résume les résultats obtenus avec le sulfocyanure double de cobalt et de sodium. Les ions complexes de ce sel fournissent, en outre, un exemple remarquable de deux bandes pour lesquelles les ellipticités sont de signes contraires.



On remarquera d'ailleurs que, pour la bande à 630$^{m\mu}$, les ellipticités sont positives et que cette bande présente son maximum de pouvoir rotatoire du côté des grandes longueurs d'onde; pour la bande plus faible de 586$^{m\mu}$, qui a son maximum du côté des petites longueurs d'onde, l'ellipticité est négative.

Ces résultats constituent donc une preuve expérimentale de la règle de Natanson, disant que du côté des grandes longueurs d'onde la rotation magnétique et le dichroïsme ont le même signe; tandis que ces grandeurs sont de signes contraires du côté des petites longueurs d'onde.

Remarques sur la Note précédente de MM. J. VERHAEGHE et VAN EYCK, par M. **AIMÉ COTTON**.

M. Schérer, dont MM. Verhaeghe et van Eyck rappellent le travail datant de 1932, avait par la suite publié un Mémoire plus étendu [1], où il avait étudié le dichroïsme magnétique d'autres sels de cobalt que le chlorure, en particulier le sulfate et le nitrate, et montré que, dans certains dissolvants au moins, ces sels présentent dans le spectre visible plusieurs bandes d'absorption. Mais le fait intéressant qu'apportent MM. J. Verhaeghe et van Eyck, savoir que le dichroïsme circulaire magnétique (comme le dichroïsme circulaire naturel) peut changer de signe quand on passe d'une bande d'absorption à une autre présentée par le même liquide, n'avait pas été mis en évidence par M. Schérer. Il serait intéressant de rechercher si les deux bandes sont bien dues à la même molécule ou à deux constituants distincts qui coexisteraient dans la solution.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'énergie des neutrons libérés lors de la partition nucléaire de l'uranium.* Note de MM. **MAURICE DODÉ**, **HANS VON HALBAN** jun., **FRÉDÉRIC JOLIOT** et **LEW KOWARSKI**, présentée par M. Paul Langevin.

Il a été montré que la partition nucléaire de l'uranium [1] donne lieu à une libération de neutrons [2], et l'on a pu constater que le nombre de neutrons ainsi produits est au moins suffisant pour compenser l'absorption des neutrons thermiques dans l'uranium. D'autre part, il résulte de mesures récentes [3] que la section efficace pour la production de la partition par les neutrons thermiques est égale à 2.10^{-24} cm^2; comme ces neutrons sont

(1) Thèse de Doctorat, Paris, 1934, *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, 50, Paris, 1934.

(1) I. CURIE et P. SAVITCH, *Journ. de Phys.*, 9, 1938, p. 355; O. HAHN et F. STRASSMANN, *Naturwiss.*, 27, 1939, p. 11; F. JOLIOT, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 341, et *Journ. de Phys.*, 10, 1939, p. 159; L. MEITNER et O. FRISCH, *Nature*, 143, 1939, p. 239; O. FRISCH, *Nature*, 143, 1939, p. 276.

(2) H. VON HALBAN jun., F. JOLIOT et L. KOWARSKI, *Nature*, 143, 1939, p. 470.

(3) H. ANDERSON, E. BOOTH, J. DUNNING, E. FERMI, G. GLASOE et F. SLACK, *Phys. Rev.*, 55, 1939, p. 511.

en outre absorbés par simple capture, la section efficace totale, et par conséquent la section efficace pour la production d'un neutron, sont certainement supérieures à cette valeur, *ce qui indique que plusieurs neutrons sont émis par explosion, condition nécessaire pour la production de réactions à chaîne*.

L'expérience que nous venons de réaliser confirme la libération de neutrons lors de la partition de l'uranium, et donne des renseignements sur l'énergie de ces neutrons. Une source de 300^{mg} de radium placée dans un bloc de béryllium ($6^{cm} \times 6^{cm} \times 2^{cm}$) irradiait une couche environnante de nitrate d'uranyle $(NO^3)^2UO^2 6H^2O$ d'une épaisseur moyenne d'environ 10 g/cm^2; le tout était placé dans un vase contenant 8^l de sulfure de carbone dans lesquels on avait dissous 200^{mg} de phosphore. Après 6 jours d'irradiation, le phosphore était isolé par distillation du sulfure de carbone et son activité était mesurée avec un compteur Geiger-Müller. L'activité initiale (35 coups/minute) décroît avec une période similiaire à celle du radiophosphore 32.

La réaction ${}^{32}S(n, p){}^{32}P$ est endoénergétique de 0,9 MeV et, pour être produite avec une probabilité non négligeable, exige des neutrons d'énergie supérieure à 2 MeV. Les photoneutrons de la source que nous avons utilisée sont tous beaucoup moins énergiques, à l'exception possible d'un petit nombre de neutrons formés dans le verre de l'ampoule de radium sous l'action des rayons α. Afin d'évaluer l'effet de ces neutrons parasites, nous avons effectué une irradiation de sulfure de carbone dans les mêmes conditions que précédemment, mais sans uranium. Après 8 jours d'irradiation, l'activité recueillie dans le phosphore était de 5 coups/minute. La différence, soit un effet sextuple de l'activité parasite, doit être attribuée aux neutrons produits dans l'uranium.

Le détecteur employé étant insensible aux neutrons primaires, cette expérience met en évidence d'une façon très directe la production dans l'uranium de neutrons qualitativement distincts des neutrons incidents. Par une méthode différente, C. Haenny et A. Rosenberg ([4]) ont montré que l'énergie totale des neutrons agissant sur une chambre d'hexane, après la traversée d'une sphère de U^3O^8, est plus grande qu'à la sortie de la source.

L'énergie totale peut augmenter sans qu'il y ait augmentation du

([4]) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 898.

nombre des neutrons; c'est pourquoi l'expérience citée, ainsi que celle que nous venons d'exposer, n'est pas suffisante pour démontrer la possibilité de réactions à chaîne.

THERMOCHIMIE. — *Sur la thermochimie des combinaisons de l'azote.* Note de M. **Marcus Brutzcus**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans mes Notes antérieures sur la Thermochimie [1], le principe général suivant a été établi :

Lors d'une réaction chimique une augmentation des valences d'un atome ($V^p \rightarrow V^r$) *entraîne une absorption d'énergie, une diminution des valences* ($V^r \rightarrow V^p$) *d'un atome entraîne un dégagement d'énergie. La variation des valences se produit toujours par un nombre pair des valences* [2].

L'équation thermochimique fondamentale y déduite peut être écrite

(I) $\Sigma L_i(XYZ)$ primaires $= \Sigma L_i(XYZ)$ résultantes $- Q - \Sigma(V^p \rightarrow V^r)$.

Si la réaction est une oxydation, l'équation (1) se simplifie grâce au fait que la liaison de l'atome d'oxygène avec n'importe quel autre atome est une constante $= 228{,}3\ K_{cal}$, et il en suit

(II) $Q = P_{cal}(XYZ)_p = A_{ox}\,170{,}1 - \Sigma L_i(XYZ)$ primaires $- \Sigma(V^p \rightarrow V^r)$,

où A_{ox} est la quantité d'atomes d'oxygène nécessaire pour oxygéner tous les corps, diminuée par la quantité d'atomes d'oxygène déjà présents dans les molécules primaires et $170{,}1 = 228{,}3 - 1/2\ L_i(O = O)$.

Pour calculer les valeurs énergétiques thermochimiques des combinaisons de l'azote, on peut partir des chiffres suivants :

Chiffres spectroscopiques.	*Chiffres calorimétriques.*
1. $N^2 \rightarrow N + N - 169{,}4 \pm 0{,}2\ K_{cal}$	5. $\frac{1}{2}(N^2) + \frac{1}{2}(O^2) = NO - 21{,}57\ K_{cal}$
2. $(N^2)^+ \rightarrow N + N - 145{,}7 \pm 0{,}1$ »	6. $\frac{1}{2}(N^2) + (O^2) = NO^2 - 4{,}6$ »
3. $NO \rightarrow N + O - 121{,}4 \pm 0{,}2$ »	7. $(N^2) + \frac{1}{2}(O^2) = N^2O - 17{,}75$ »
4. $N^2O \rightarrow NO + N - 88{,}2$ »	8. $(N^2) + 1\frac{1}{2}(O^2) = N^2O^3 - 22{,}2$ »
	9. $(N^2) + 2\frac{1}{2}(O^2) = N^2O^5 - 1{,}2$ »

(1) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 490, 574, 859, 1802; **205**, 1937, p. 660; **206**, 1938, p. 838, 1177, 1291, 1730; **207**, 1938, p. 1209.

(2) Ce fait, qui est provoqué par les conditions de l'équilibre dans l'atome, est l'origine des symétries qu'on remarque dans les corps morts et vivants de la nature.

En comparant les équations (1) et (2) on trouve que l'ionisation de N^2 réclame 23,7 K_{cal} qui sont restituées à la dissociation.

L'équation (3) peut être contrôlée par les chiffres calorimétriques. A la dissociation de NO : 228,3 K_{cal} sont absorbées et 106,9 K_{cal} sont restituées (voir ci-dessous) par la diminution de valences ($V'' \to V^0$) de l'atome N :

$$(-228,3 + 106,9) = -121,4\ K_{cal}.$$

Dans l'équation (4) se produit une augmentation des valences d'un atome N de ($V' \to V''$) et une diminution de valences de l'autre atome N

$$(V' \to V^0) \qquad [-(V^0 \to V'') + (V' \to V^0)] + (V' \to V^0) = -88,2\ K_{cal},$$
$$-\ 106,9 \ + \ X \ + \ X \ = -88,2 \text{ » }.$$

Il en suit $2(V' \to V^0) = 18,7\ K_{cal}$. On obtient la même valeur presque en partant des chiffres calorimétriques. Ici la transformation de $N^0 \to N'$ n'est pas une augmentation de valences, proprement dite, mais une certaine ionisation.

Valences paires. — Dans l'équation (5) une augmentation de valences se produit ($V^0 \to V''$) :

$$\tfrac{1}{2}(N^2) \ + \ \tfrac{1}{2}(O^2) \ = \ NO \ - 21,57\ K_{cal},$$
$$\tfrac{1}{2}.169,4 + \tfrac{1}{2}.116.4 = 228,3 + 21,57 - (V^0 \to V'').$$

Il s'en suit $(V^0 \to V'') = 106,9\ K_{cal}$ (= 2 × const. thermoch.).

De la même manière, on peut calculer, de l'équation (6), la valeur

$$(V'' \to V^{IV}) = 152,7\ K_{cal}\ (= 3 \times \text{const. thermoch.}).$$

Valences impaires. — En partant de l'équation (7), on obtient

$$(N^2) \ + \ \tfrac{1}{2}(O^2) \ = \ N^2O \ - 17,75\ K_{cal},$$
$$169,4 + \tfrac{1}{2}.116,4 = 228,3 + 17,75 - 2(V^0 \to V').$$

Il en suit $2(V^0 \to V') = 18,4\ K_{cal}$ environ la même valeur calculée ci-dessus. De la même manière, on obtient, en partant des équations (8) et (9),

$$(V' \to V''') = 172,3\ K_{cal}, \qquad (V''' \to V^V) = 159,6\ K_{cal}.$$

Acide nitrique O = N = O — OH :

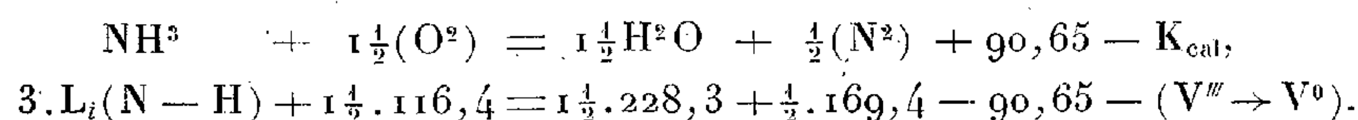
$$\tfrac{1}{2}(H^2) \ + \ \tfrac{1}{2}(N^2) \ + \ 1\tfrac{1}{2}(O^2) \ = \ NHO^3 \ + 34\ K_{cal},$$
$$\tfrac{1}{2}.102,7 + \tfrac{1}{2}.169,4 + 1\tfrac{1}{2}.116,4 = 3.228,3 + 34 - (V^0 \to V^V).$$

Il en résulte

$$(V^0 \to V^V) = 340,9 = (V^0 \to V') + (V' \to V''') + (V''' \to V^V).$$

Ce calcul démontre que, dans l'acide nitrique, l'atome N est pentavalent.

Ammoniaque.



$$NH^3 + 1\tfrac{1}{2}(O^2) = 1\tfrac{1}{2}H^2O + \tfrac{1}{2}(N^2) + 90,65 - K_{cal};$$
$$3.L_i(N-H) + 1\tfrac{1}{2}.116,4 = 1\tfrac{1}{2}.228,3 + \tfrac{1}{2}.169,4 - 90,65 - (V''' \rightarrow V^0).$$

Il en suit $L_i(N-H) = 143,6\ K_{cal}$.

Dans l'ammoniaque, il faut encore prendre en considération une ionisation de $23,7\ K_{cal}$ pour chaque $L_i(N-H)$. Il en suit $L_i(N-H) = 167,3\ K_{cal}$. Cette valeur pour $L_i(N-H)$ est la valeur réelle, mais au moment de la dissociation la valence de l'atome N diminue, ce qui est lié à un dégagement pour chaque liaison $L_i(N-H)$ de $(V''' \rightarrow V^0)/3\ K_{cal}$

$$L_i(N-H)\ \text{intrinsèque} = 143,6 + 23,7 + 181,5/3 = 227,8\ K_{cal},$$

ce qui correspond à

$$L_i(O{=}X) = 228,3; \quad L_i(S{=}X) = 224,7\ (= 4 \times \text{const. thermoch.}).$$

Les liaisons (C—N).

Les combinaisons du cyanogène (RCN'). — En calculant $L_i(C-N)$ d'après cette méthode on obtient $L_i(C-N) = 167\ K_{cal}$ (env.).

Le calcul aussi démontre que dans le cyanogène l'atome C est bivalent. Un atome C tétravalent conduira aux incompatibilités.

Les nitrodérivés (RN^vO^2) *et les anilides* ($R^2N'''H$). — Dans toutes ces combinaisons, le calcul montre que L(C—N) est aussi égale env. $167\ K_{cal}$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude par l'effet Raman des réactions équilibrées de formation des chlorobromure et bromocyanure mercuriques.* Note [1] de Mlle **Marie-Louise Delwaulle.**

J'ai montré [2] la formation de molécules de chlorobromure mercurique lorsqu'on dissout ensemble du chlorure et du bromure mercuriques dans l'eau et les alcools. Une solution dans les mêmes solvants de cyanure et de bromure mercuriques soumise à l'effet Raman montre à côté des constituants intacts la présence d'un bromocyanure mercurique BrHg (CN) dont les deux fréquences caractéristiques sont ν'_1 240 cm^{-1} et ν'_2 298 cm^{-1}.

---

(1) Séance du 13 février 1939.

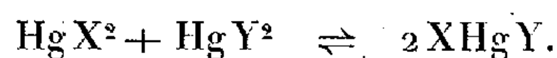
(2) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1965.

Ces raies correspondent bien au spectre de BrHg(CN); elles sont polarisées et les fréquences trouvées sont en bon accord avec les fréquences 232 cm^{-1} et 298 cm^{-1} calculées à partir de celles de $HgBr^2$ (ν_1 205 cm^{-1}) et $Hg(CN)^2$ (ν_2 273 cm^{-1}).

Le spectre Raman est une superposition des spectres des bromure, cyanure et bromocyanure mercuriques : il s'agit d'une réaction d'équilibre comme dans le cas du chlorobromure mercurique. Mais le diagramme de solubilité du système $HgBr^2$, $Hg(CN)^2$ et alcool présente deux branches : l'une correspond au dépôt de $HgBr^2$, l'autre à celui de $Hg(CN)^2$. Les molécules BrHg(CN) n'existent donc qu'en solution. Au contraire, l'évaporation des solutions contenant du chlorure et du bromure donnait des cristaux mixtes possédant les fréquences caractéristiques de ClHgBr.

Je me suis proposé, au moyen de mesures d'intensités, d'étudier les deux réactions équilibrées qui donnent naissance à ces molécules mixtes.

Ces réactions sont du type



$$HgX^2 + HgY^2 \rightleftharpoons 2XHgY.$$

Si l'on dissout *a* mol. de HgX^2 et *b* mol. de HgY^2, *c* mol. réagissent et 2*c* mol. de XHgY apparaissent à côté des $(a-c)$ mol. de HgX^2 et des $(b-c)$ mol. de HgY^2 intactes.

Il se trouve que les quatre raies caractérisant les trois corps en présence sont suffisamment rapprochées pour qu'on puisse mesurer correctement le rapport de leurs intensités.

Il suffit pour cela de déterminer pour chaque plaque photographique une échelle de noircissement en fonction de l'intensité, pour une longueur d'onde correspondant à une moyenne des valeurs des longueurs d'onde des raies envisagées et d'évaluer au moyen de cette échelle les intensités des quatre raies.

Ceci rend notre étude à la fois facile et rigoureuse : elle se réduit ainsi à la mesure de rapports d'intensités de raies d'un même spectre. On élimine ainsi l'influence, et du temps de pose, et des caractéristiques de la plaque photographique.

Sur chaque cliché appelons I_1 l'intensité de la raie ν_1 de HgX^2, I_2 celle de la raie ν_2 de HgY^2, I'_1 et I'_2 celles des deux raies de ν'_1 et ν'_2 de XHgY.

On peut écrire

$$\frac{I_1}{I_2} = k_{1,2}\frac{a-c}{b-c}, \qquad \frac{I_1}{I'_1} = k_{1,1'}\frac{a-c}{2c}.$$

Les constantes $k_{1,2}$ et $k_{1,1'}$ ne dépendent que de la nature des molécules

envisagées. Si l'on arrive à déterminer la valeur de ces constantes, la mesure des rapports d'intensités permettra, connaissant a et b, de calculer c.

A. *Étude de la réaction*



(1) $$HgBr^2 + HgCl^2 \rightleftharpoons 2.BrHgCl.$$

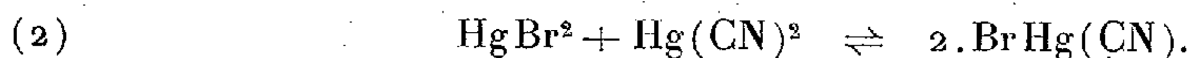
La valeur de $k_{1,2}$ s'obtient lorsque $a = b$. On a alors $I_1/I_2 = k_{1,2}$. J'ai trouvé $k_{1,2} = 2,0$ (compris pour quatre clichés correspondant à des dilutions et à des temps de pose différents entre 1,91 et 2,10). J'ai fait varier le rapport a/b et déterminé ainsi une suite de valeurs de c (voir le Tableau).

La réaction est bien équilibrée et, à la précision des mesures près, j'ai trouvé

$$\frac{C^2_{BrHgCl}}{C_{HgBr^2} \times C_{HgCl^2}} = K_1, \qquad K_1 = 2,0 (\pm 0,2),$$

Molécules mises en jeu.		Molécules ayant réagi dans le système	
		$HgBr^2.HgCl^2.CH^3OH$.	$HgBr^2.Hg(CN)^2.CH^3OH$.
a.	b.	c.	c.
1	1..........	0,42 à 0,43	0,21
1,5 1	1 1,5 }	–	0,25
1	2..........	0,51 à 0,56	0,26 à 0,33
2	1..........	0,51 à 0,55	0,30
1	4..........	0,65 à 0,72	0,40

B. *Étude de la réaction*



(2) $$HgBr^2 + Hg(CN)^2 \rightleftharpoons 2.BrHg(CN).$$

J'ai trouvé $k_{1,2}$ compris entre 7 et 10. L'intensité de I_2 est toujours faible; sa mesure manque de précision : je me suis donc proposé de déterminer $k_{1,1'}$. J'ai pour cela admis que la loi d'action de masse était applicable à la réaction (2) si l'on ne fait pas varier a/b dans de trop larges limites. Dans deux expériences (pour l'une, $a = 1,5$; $b = 1$; pour l'autre, $a = 1$ et $b = 1,5$), c était le même par principe. J'ai mesuré la valeur des rapports

$$R_1 = k_{1,1'} \frac{1 - c}{2c}, \qquad R_2 = k_{1,1'} \frac{1,5 - c}{2c}$$

qui déterminent $k_{1,1'} = 1,55$.

J'ai ensuite fait varier a/b et déterminé la composition de chacune des

solutions (voir le Tableau). La loi d'action de masse est bien applicable

$$K_2 = \frac{C^2_{BrHg(CN)}}{C_{HgBr^2}C_{Hg(CN)^2}} \approx 0,2.$$

L'analogie des réactions (1) et (2) rapproche le radical (CN) des halogènes. Il faut cependant noter que l'on ne peut obtenir BrHg(CN) à l'état cristallisé et que K_2 est très inférieur à K_1.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude du système cyanure mercurique, chlorure mercurique, alcool méthylique. Obtention d'un composé d'addition du chlorure mercurique et du méthanol et mise en évidence d'un chlorocyanure par l'effet Raman.* Note (¹) de M. **Félix François.**

I. *Étude du système cyanure mercurique, chlorure mercurique, alcool méthylique.* — Le système a été étudié suivant la méthode des restes de Schreinemackers aux températures 14° et 50°. Les isothermes de solubilité ne présentent que deux branches : la branche I correspond au dépôt de cyanure mercurique, l'autre II correspond, également pour les deux températures, au dépôt de chlorure mercurique; mais si les cristaux de chlorure mercurique déposés à 50° sont exempts d'alcool, ils contiennent de l'alcool de cristallisation à 14° et répondent à la formule $HgCl^2$, $3/2\,CH^3OH$. Une cassure vers 40° dans la courbe de solubilité du chlorure mercurique dans l'alcool méthylique faisait admettre antérieurement qu'au-dessous de cette température ce corps était susceptible de fixer des molécules d'alcool sans qu'on se soit attaché à déterminer la nature exacte des cristaux obtenus.

J'ai vérifié que le composé $HgCl^2$, $3/2\,CH^3OH$ perd tout son alcool à la température ordinaire dans une atmosphère exempte de vapeurs de méthanol et qu'inversement le chlorure mercurique en fixait à cette même température dans une atmosphère saturée de cet alcool.

L'évaporation des solutions contenant à la fois $HgCl^2$ et $Hg(CN)^2$ ne donne ni cristaux mixtes, ni composé défini des deux sels considérés, ce qui distingue le radical (CN) des halogènes, les solutions de deux halogénures mercuriques donnant au contraire des cristaux mixtes par évaporation (²).

(¹) Séance du 13 février 1939.
(²) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1965, et **207**, 1938, p. 425.

II. *Mise en évidence en solution de molécules de chlorocyanure mercurique.* — Lorsqu'on dissout en même temps du chlorure et du cyanure mercurique dans l'alcool méthylique (d'ailleurs aussi dans d'autres alcools et dans l'eau), le spectre Raman des solutions obtenues présente toujours à côté des raies du solvant les raies suivantes :

a. la raie ν_2 320 cm^{-1} du chlorure mercurique;

b. un ensemble de trois raies qu'on retrouve dans toutes les solutions pures de cyanure mercurique : la raie ([3]) 2204 cm^{-1} du groupement (CN), la raie ν_1 273 cm^{-1} qui doit être attribuée à la liaison Hg — CN de la molécule Hg(CN)^2 et qui est polarisée; elle n'a pas été signalée jusqu'ici dans les spectres Raman des solutions alcooliques [mais on a signalé 275 cm^{-1} dans Hg(CN)^2 cristallisé ([4]) et 260 cm^{-1} dans les solutions aqueuses ([5])], enfin la raie large 404 cm^{-1} dont l'intensité est comparable à celle de 273 cm^{-1} et qui est polarisée. Cette fréquence n'a pas encore été signalée et sa signification n'est pas éclaircie;

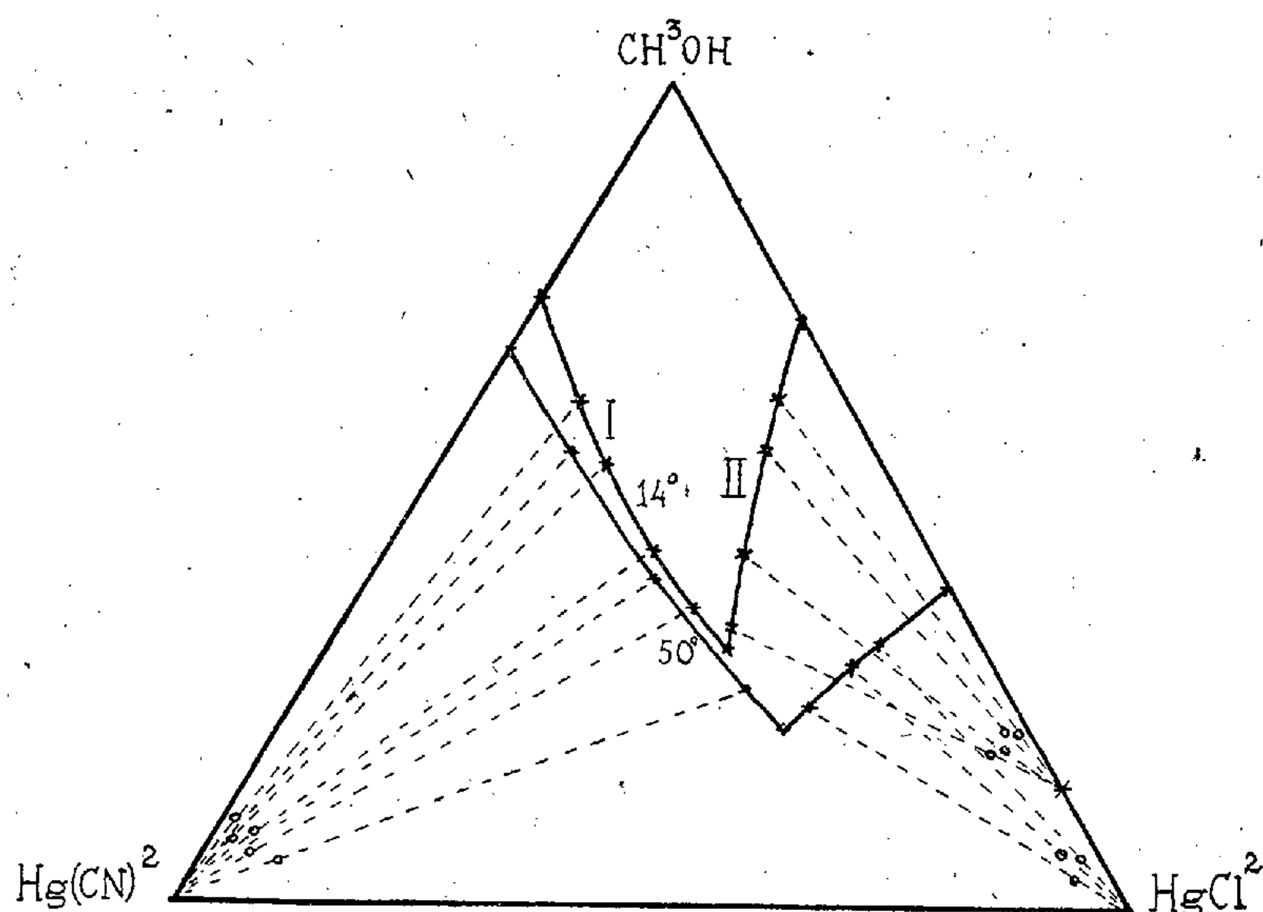


Diagramme relatif à 100g de substance.

c. un ensemble de deux raies toutes deux polarisées ν'_1 304 cm^{-1} et ν'_2 346 cm^{-1} caractérisant bien la molécule dissymétrique (CN)HgCl.

([3]) PETRIKALN et HOCHBERG, *Z. phys. Chemie*, 8, 1930, p. 440.

([4]) KRISHNAMURTI, *Indian J. of. Phys.*, 5, 1930, p. 633, 651 et 662.

([5]) BRAUNE et ENGELBRECHT, *Z. phys. Chemie*, 11, 1931, p. 409.

Si l'on considère (CN) comme un bloc, on peut calculer les fréquences de (CN) HgCl connaissant celles de $HgCl^2$ et de $Hg(CN)^2$: on trouve 285 cm^{-1} et 351 cm^{-1}.

La présence simultanée de toutes ces raies prouve que la réaction n'est pas totale, et je me propose d'étudier ultérieurement cet équilibre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Une nouvelle méthode pour étudier la polarisation des piles galvaniques.* Note de M. **Ernest Toporescu**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait que, si dans une solution concentrée de sulfate de zinc on plonge deux lames des métaux dont l'un est le zinc et l'autre un métal plus noble que le zinc: cuivre, argent, platine ou même le charbon de cornue, et si l'on met en court-circuit les pôles à travers un milliampèremètre, on constate qu'au moment de la fermeture du circuit il y a une intensité de quelques milliampères qui devient zéro en quelques minutes. La pile se polarise facilement.

Ce phénomène change si l'on remplace dans la pile le métal noble par le mercure. Dans ce cas l'intensité du courant varie très lentement de 20 à 2,2 mA. dans l'intervalle de 72 heures pour une électrode de mercure ayant un diamètre de $4^{cm},5$.

En analysant le mercure de la pile, je suis arrivé à la conclusion qu'il doit contenir de très petites quantités de zinc. Les analyses ont été faites avec de l'acide chlorhydrique de la manière suivante : 10^{cm^3} de solution d'acide, dont le pH a été déterminé par la méthode électrométrique, sont mis en contact avec le mercure retiré de la pile sans que le circuit mercure-zinc soit interrompu. La même quantité d'acide est mise en contact avec le mercure pur qui a servi pour l'arrangement de la pile. Après cinq minutes on détermine le pH des acides à la température de 20°. Les résultats que je donne sont pour les piles qui ont été en court-circuit trois heures, l'électrode de mercure ayant $4^{cm},5$ de diamètre.

		HCl	
	HCl.	mercure pur.	mercure de la pile.
pH	1,9	1,9	2,6

De ces résultats on constate que la valeur de pH de l'acide qui a été en contact avec le mercure de la pile a varié. La valeur de pH est plus élevée,

c'est-à-dire que le nombre d'ions d'hydrogène de l'acide a diminué. Cette variation d'ions ne peut pas être expliquée sans admettre que l'acide chlorhydrique a réagi sur le métal zinc, le zinc étant déposé sur l'électrode positive par électrolyse due à la différence de potentiel entre les métaux mercure-zinc. Le mercure ne déplace pas le zinc de la solution de son sulfate et ne réagit pas sur l'acide parce que l'acide chlorhydrique a la même valeur de pH.

Donc la polarisation des piles galvaniques de la forme étudiée est due au métal zinc déposé sur l'électrode positive.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la température sur le spectre Raman du nitrate et du sulfate d'ammonium.* Note de M. **Henri Volkringer**, Mme **Marie Freymann** et M. **René Freymann**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons rappelé (¹) que les spectres Raman des sels d'ammonium présentent, à l'état solide, les fréquences de valence caractéristiques du groupement NH^4. Des divergences entre nos résultats et ceux d'Anantha-krishnan (²) nous ont conduits à reprendre systématiquement l'étude de l'influence de la température. Jusqu'ici de telles recherches n'avaient été entreprises que sur les bromure et chlorure d'ammonium (³). Nos recherches ont porté sur le nitrate d'ammonium anhydre entre —192°C. (air liquide) et +170°C. et sur le sulfate d'ammonium à —192°C. et +15°C. La structure cristalline du nitrate change avec la température; les expériences ont été conduites de façon que l'on ait au moins un cliché pour chaque forme cristalline.

En utilisant la méthode des filtres complémentaires, les temps de pose étaient de l'ordre de 120 heures (ouverture du spectrographe f/4,5). Pour les basses températures on a employé la méthode de Daure perfectionnée par Vodar (vase de Dewar partiellement désargenté, d'une contenance de 12 litres).

I. Fréquences de valence caractéristiques de NH^4. — Nous examinerons tout d'abord les fréquences voisines de 3100 cm^{-1} caractéristiques de NH^4

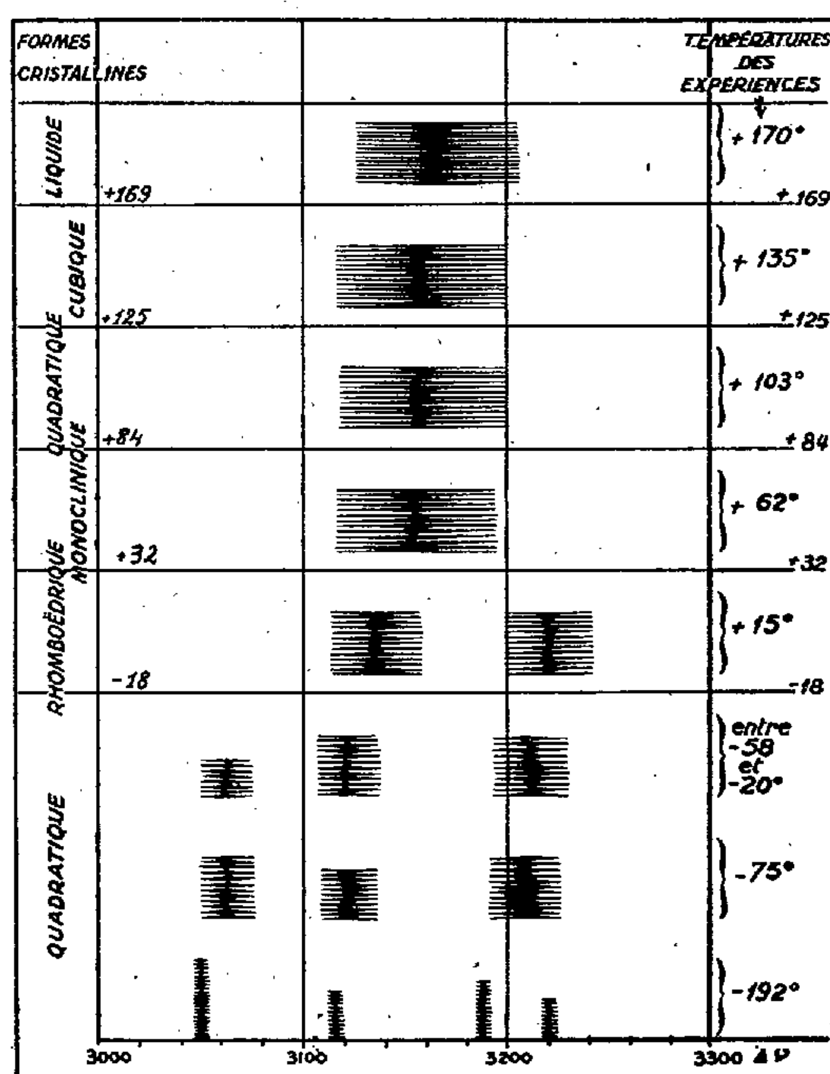
(¹) M. et R. Freymann et Yeou Tá, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 729; P. Job, M. et R. Freymann, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1043.

(²) *Proc. Indian Ac. Sc.*, 5, 1937, p. 76.

(³) Menzies et Mills, *Proc. Roy. Soc. Londres*, 148, 1935, p. 407.

et particulièrement sensibles aux variations thermiques. Une très faible bande, vers 2800 cm^{-1}, a été observée dans certains cas, mais, n'étant pas visible sur tous les clichés, elle n'a pas été reproduite sur la figure 1.

A. *Nitrate d'ammonium.* — Le nitrate d'ammonium anhydre montre



Fréquences Raman de NO^3NH^4. vers 3100 cm^{-1}.

à — 192° quatre composantes, 3050, 3116, 3188 et 3220 cm^{-1}. Ces raies sont assez fines, bien définies, et 3050 est très intense.

A — 75°C., les deux premières raies s'élargissent sensiblement et subissent un léger déplacement (3062 et 3121). Les deux dernières raies se fondent en une bande assez large, peut-être double, et située vers 3208 cm^{-1}.

Pour une température comprise entre — 58° et — 20°, le spectre ne diffère pas sensiblement de celui obtenu à — 75°, mais la composante 3062 est nettement affaiblie par rapport aux autres.

Toutes ces températures correspondent à la forme quadratique. Le cliché pris à + 15° montre, qu'avec l'apparition de la forme rhomboédrique, une profonde transformation spectrale se produit. La bande 3062 a disparu, et seules persistent (1) les deux bandes assez larges 3135 et 3220 cm^{-1}.

Au-dessus de + 32° (passage de la forme rhomboédrique à la forme

monoclinique), les deux bandes précédentes se fondent en une seule très large vers 3156 cm^{-1}. Ceci peut permettre d'expliquer le désaccord entre nos résultats antérieurs (obtenus à +15°) et ceux d'Ananthakrishnan obtenus aux Indes où la température était probablement supérieure à +32°.

Au delà de +32°, l'élévation de la température ne modifie pas beaucoup la bande 3156 cm^{-1}, malgré les transformations cristallines qui se produisent à +84° et à +125°, et malgré le passage de l'état solide à l'état liquide vers +169°.

Les résultats précédents peuvent s'interpréter en admettant que la raie 3050 correspond à la vibration ν_1, symétrique de NH^4, et que les raies 3116, 3188, 3220 concernent la vibration ν_2, triplement dégénérée, suivant la théorie. L'influence de NO^3 sur NH^4 supprimerait cette dégénérescence à —192° et ferait apparaître le triplet correspondant. L'élévation de la température ramènerait la dégénérescence (agitation thermique ou modification du réseau cristallin). Toutefois cette interprétation n'explique pas la disparition de la fréquence 3050 lorsque la température croît; aussi indiquons-nous ce point de vue sous réserve de confirmation par des études de polarisation. Ces résultats peuvent être rapprochés des mesures de constante diélectrique faites à différentes températures par Guillien sur divers sels d'ammonium.

B. Sulfate d'ammonium. — Alors que le bromure et le chlorure d'ammonium ne se comportent pas comme le nitrate (3), le sulfate subit une modification semblable à celle du nitrate : à +15° seule existe une large bande vers 3145 cm^{-1}; à —192° nous avons observé les raies 3027 (intense et assez large) 3126 (?) 3195, ainsi qu'une raie fine 3297 que nous croyons différente de celle que fournirait la diffusion par l'azote liquide (1557 cm^{-1} excitée par 4358 Å).

II. Autres fréquences Raman. — Pour le nitrate, les fréquences de valence caractéristiques de NH^4 ne sont pas seules modifiées par la température ainsi que le montrent les nombres suivants donnant les autres raies Raman observées.

—192°C.......	?	1053	1289	1302	1339 (?)	1411	1447	1476 (?)
+15°C.......	712	1041	1285		—	1411	1455	

CHIMIE PHYSIQUE. — *Composition chimique et structure cristalline du produit d'oxydation lente du magnésium en milieu humide.* Note (¹) de MM. **René Faivre** et **André Michel**, présentée par M. Charles Mauguin.

De nombreux auteurs (²) ont signalé que certains mécanismes d'oxydation lente du magnésium en milieu humide conduisent à un composé noir, stable à l'air à la température ordinaire mais qui, chauffé vers 400°, se transforme rapidement en magnésium. M. G. Chaudron et l'un d'entre nous (³) ont déjà signalé que l'altération à l'air du magnésium condensé à basse température, lors de sa sublimation, réunit les conditions les plus favorables à la formation de ce composé. Il suffit, pour l'isoler du magnésium inattaqué auquel il est mélangé, d'extraire le métal par lavage au bromure d'éthyle en solution éthérée.

Des diagrammes de Debye-Scherrer, exécutés sur le composé noir ainsi purifié, nous ont permis de lui attribuer la structure hexagonale de la brucite.

Les courbes d'analyse thermique différentielle présentent deux anomalies irréversibles : l'une, endothermique, débutant à 370°, correspond à la déshydratation ; l'autre, exothermique, doit provenir d'une oxydation, car elle ne se produit pas lorsque l'analyse est effectuée dans l'argon.

Chauffé dans le vide, le corps noir se dissocie en eau et magnésie, mais on recueille de plus une certaine quantité d'hydrogène. La quantité d'eau libérée est inférieure de 12 pour 100 à celle que donnerait l'hydrate normal $Mg(OH)^2$. Ces deux observations, anomalie exothermique par chauffage à l'air, formation d'hydrogène lors du chauffage dans le vide, conduisent à admettre que l'hydrate noir contient un excès de magnésium par rapport à la formule $Mg(OH)^2$; c'est ce magnésium, insensible à l'action du bromure d'éthyle qui, dans les expériences effectuées dans le vide, réagit sur l'eau de déshydratation.

La mesure de l'hydrogène dégagé permet de fixer à 6 le nombre d'atomes

(¹) Séance du 20 mars 1939.

(²) J. Hérenguel et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 771; J. Hérenguel, *Thèse*, Lille, 1936, p. 16; Bobarowsky, *Z. Elektrochem.*, 11, 1905, p. 465; Frary, *Trans. Am. Electro. Soc.*, 27, 1915, p. 209.

(³) G. Chaudron et A. Michel, *Bull. Soc. chim. France*, 5ᵉ série, 5, 1938, p. 1609.

supplémentaires de magnésium pour 100 groupes $Mg(OH)^2$. Cette proportion correspond au déficit de 12 pour 100 en eau enregistré dans le bilan de la décomposition thermique dans le vide.

On peut se demander si ces atomes, masqués aux réactions classiques du magnésium, sont en véritable insertion dans le réseau de la brucite ou si, au contraire, ils se trouvent dans les lacunes d'une structure mosaïque du type proposé par Desch (4).

Dans la première hypothèse, la présence de ces atomes supplémentaires est susceptible de provoquer des variations des distances interatomiques; dans la seconde, elle ne peut conduire à aucune déformation du réseau. Il fallait de toute nécessité effectuer des mesures précises de paramètre cristallin.

La méthode des diagrammes en retour avec étalon (5) ne pouvait être appliquée : le corps étudié présente une cristallisation confuse et les raies utilisables sont trop larges, impossibles à pointer même après enregistrement photométrique. Nous avons employé la méthode Debye-Scherrer classique avec une chambre de $76^{mm},8$ de diamètre et NaCl comme étalon (rayonnement $K\alpha_1$ du cuivre). Les diagrammes étaient enregistrés au microphotomètre : on comparait la raie 110 de la brucite à la raie 222 de NaCl. Nous mesurions ainsi le paramètre a, côté de la base du prisme hexagonal élémentaire. Il est impossible d'atteindre la hauteur c de ce prisme car les raies dont les positions sont fortement influencées par les variations de ce paramètre sont ou trop faibles ou placées dans des régions de mauvaise sensibilité. Nous avons obtenu pour a les valeurs suivantes, moyennes d'un grand nombre de déterminations (précision $\pm 0,002$ Å).

	Hydrate noir.	Brucite normale.
a	3,142 Å	3,135 Å

La brucite normale était préparée par action de la vapeur d'eau à 35° sur du magnésium sublimé. L'hydrate noir a un paramètre nettement supérieur à celui de la brucite. Si on l'oxyde vers 100° en présence d'eau, il blanchit peu à peu et son paramètre prend la valeur moyenne $a = 3,138$ Å assez voisine de celle du paramètre de la brucite.

Le composé de magnésium étudié est bien de la brucite contenant des atomes de magnésium en insertion. Ce sont ces atomes, protégés contre les

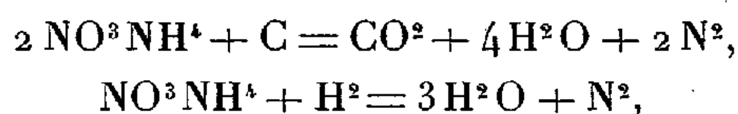
(4) *Metallography*, Londres, 1937, p. 191.

(5) J. Bénard, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 912.

attaques ménagées, qui communiquent à la brucite une teinte noire. On peut penser que ces atomes métalliques supplémentaires s'insèrent entre les feuillets électriquement neutres (une couche Mg^{++} entre deux couches OH^{-}) parallèles à 001 dont se compose la brucite et n'interviennent pas dans la constitution même des feuillets. Il est probable que si nous avions pu atteindre le paramètre c, de plus grandes variations auraient été observées. Il est intéressant de rapprocher ces résultats de ceux que nous avions obtenus dans le cas de l'oxyde de cadmium [6], et en particulier de constater que des réseaux relativement compacts sont susceptibles de donner lieu à des phénomènes d'insertion limitée d'atomes métalliques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'emploi des métaux légers dans la composition des explosifs à base de nitrate d'ammoniaque.* Note de M. **Charles Baron**, présentée par M. François Grandjean.

Le nitrate d'ammoniaque, dont la production par synthèse s'est développée dans tous les pays industriels, constitue maintenant une matière première nationale abondante pour la fabrication des explosifs; jusqu'ici, on s'en est surtout servi dans des compositions de sûreté destinées au travail dans les mines et dont la caractéristique est de produire un grand volume de gaz à température relativement peu élevée; les réactions de combustion complète pour les deux éléments combustibles essentiels, le carbone et l'hydrogène,



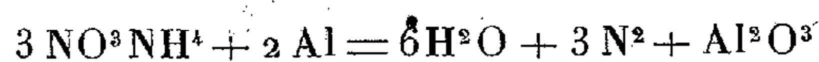
$$2\,NO^3NH^4 + C = CO^2 + 4\,H^2O + 2\,N^2,$$
$$NO^3NH^4 + H^2 = 3\,H^2O + N^2,$$

donnent, la première un volume de gaz de 905^l, une température de 2530° et une force de 9400, la deuxième un volume de gaz de 1356^l, une température de 2230° et une force de 12580; Mallard et Le Chatelier avaient déjà indiqué (*Mémorial des Poudres*, 2, p. 464) que de tels mélanges explosifs conviennent pour préparer, par un fissurage de la roche, son déblaiement ultérieur, mais l'énergie qu'on peut avec eux transformer en travail est relativement faible. Si, au contraire, on recourt comme élément combustible à des métaux légers, notamment à l'aluminium ou au magnésium, la décomposition change complètement d'allure; on a, par exemple,

---

(6) R. Faivre et A. Michel, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 159.

avec l'aluminium,



$$3\,NO^3NH^4 + 2\,Al = 6H^2O + 3\,N^2 + Al^2O^3$$

Le volume de gaz est réduit à 681^l, mais la température passe à 4480° et la force est égale à 12000, c'est-à-dire supérieure à celle qu'on obtient dans les combinaisons, pratiquement réalisables, des deux premières réactions; on obtient alors un explosif qui, non seulement provoquera une bonne préparation des roches, mais encore en effectuera le déblaiement.

Pour que l'aluminium participe d'une façon complète à la réaction, il faut l'employer en poudre fine, et il devient alors nécessaire de le protéger contre l'action lente du nitrate d'ammoniaque et des autres oxydants contenus éventuellement dans l'explosif. Le brai de pétrole, par la gamme variée des points de ramollissement dont il permet de disposer, constitue un excellent produit d'enrobage tant pour le nitrate que pour l'aluminium.

Enfin, on obtiendra une aptitude suffisante à la détonation en incorporant des corps nitrés doués d'une grande sensibilité à l'amorce, comme la nitroglycérine.

C'est suivant ces directives que nous avons proposé deux formules d'explosifs dont le Service des Poudres a autorisé la fabrication.

Leurs compositions sont les suivantes :

Type.	A.	B.
Nitroglycérine	5,00	22,00
Coton azotique	0,00	0,75
Dinitrotoluène	5,00	3,00
Brai de pétrole	1,5	2,00
Aluminium en poudre	5,00	2,00
Farine de bois	1,5	1,25
Nitrate d'ammoniaque	82,0	69,00

Leurs propriétés, définies par la Commission des substances explosives, ont été :

Pour le type A. — Densité d'encartouchage 0,94; après deux mois d'exposition à l'air libre, la reprise d'humidité est de 0,31 pour 100, la transmission de la détonation d'une cartouche à l'autre se fait alors à 9^{cm} de distance; le coefficient d'utilisation pratique est de 1,24; la vitesse de détonation de 3144^m.

Pour le type B. — Densité d'encartouchage 1; après deux mois d'exposition à l'air libre, la reprise d'humidité est de 0,86 pour 100; la transmission

de la détonation se fait alors à 18^{cm}; le coefficient d'utilisation pratique est de 1,255 et la vitesse de détonation de 3434^{m}.

La puissance de ces deux types est supérieure de 10 à 12 pour 100 à celle des explosifs analogues sans aluminium.

MÉTALLURGIE. — *Application du polissage électrolytique à l'examen micrographique du fer et des aciers.* Note [1] de MM. **Pierre Jacquet** et **Paul Rocquet**, présentée par M. Armand de Gramont.

L'un de nous a décrit le polissage électrolytique du cuivre, de l'aluminium, de l'étain et de certains alliages. Cette méthode a été appliquée aussi au zinc [2] ét au cobalt [3]. Il nous a paru intéressant d'envisager son extension au fer et aux divers aciers, dont le polissage est une opération toujours longue et souvent délicate. En outre, on peut penser que la qualité des surfaces polies par voie électrolytique et l'absence de couche écrouie faciliteront l'interprétation des micrographies. Nous avons donc recherché un électrolyte et des conditions qui permettent de polir avec succès les aciers de toutes nuances.

L'électrolyte est obtenu en versant lentement par petites portions, 765^{cm^3} d'anhydride acétique pur dans un récipient refroidi contenant 185^{cm^3} d'acide perchlorique à 65-66 pour 100 (densité 1,61); on ajoute ensuite 50^{cm^3} d'eau distillée. Ce mélange doit être préparé 24 heures au moins avant son emploi, la réaction de l'anhydride acétique sur l'eau étant relativement lente. Si, après un long usage, la solution donne de moins bons résultats, de petites additions d'eau (1 pour 100 environ) l'améliorent.

L'anode est constituée par l'échantillon dont la surface a été préalablement débarrassée, par abrasion, de toute matière étrangère (croûte d'oxyde par exemple). La cathode est une plaque de fer ou d'aluminium. La densité de courant doit être comprise entre 4 et 6 ampères par décimètre carré de surface anodique. Le bain étant très résistant, il est nécessaire de disposer d'une source de courant continu de 50 volts au minimum. Pendant l'électrolyse la température ne devra pas dépasser 30°, d'où la nécesssité de

(1) Séance du 20 mars 1939.

(2) W. H. J. Vernon et E. G. Stroud, *Nature*, 142, 1938, p. 477 et 1161.

(3) W. C. Elmore, *Physical Review*, 53, 1938, p. 757.

refroidir la cellule électrolytique. Il est bon d'agiter modérément la solution.

Pour une surface préalablement polie au papier émeri 000, le polissage micrographique est obtenu après une électrolyse de 4 à 5 minutes. Si l'échantillon a été frotté à la lime ou à l'émeri grossier, cette durée est notablement augmentée. Lorsque l'anode est sortie du bain elle est recouverte d'une couche visqueuse brun rouge que l'on élimine immédiatement par lavage à l'eau courante, suivi d'un rinçage à l'eau distillée et à l'alcool. En général la structure de l'acier n'est que très peu révélée par le traitement anodique; on la rend plus nette en utilisant ensuite les réactifs d'attaque habituelle.

Nous avons poli au moyen de cette technique du fer armco, des aciers doux, hypoeutectoïdes et hypereutectoïdes recuits, des aciers martensitiques, sorbitiques, perlitiques et des fontes blanches. Seule la fonte malléable ne peut être traitée avec succès, par suite de corrosions locales dues aux amas de graphite.

Dans la solution utilisée, on peut admettre que l'acide perchlorique retient la molécule d'eau qui lui est chimiquement liée ClO^4H, H^2O ou $(ClO^4)(OH^3)$. L'anhydride acétique est en grande partie (90 pour 100) transformé en acide acétique. Le milieu est donc encore anhydre malgré l'addition d'eau.

La théorie du polissage électrolytique esquissée par l'un de nous dans le cas du cuivre doit s'appliquer au fer. La pellicule anodique, liquide brun rouge où s'accumulent les produits de l'attaque, et dont le rôle est essentiel dans le processus du polissage, semble être constituée d'un sel du cation complexe acéto-ferrique $[Fe^3(CH^3CO^2)^6(OH)^2]$, qui pourrait être le perchlorate décrit par Weinland [4], de formule



$$[Fe^3(CH^3CO^2)^6(OH)^2]ClO^4, 4H^2O,$$

lequel est très soluble dans l'acide acétique concentré. Il est probable que les ions perchloriques contribuent beaucoup à l'oxydation des ions ferreux au voisinage de l'anode [5] et facilitent la formation de cette couche acéto-ferrique.

Les aciers au nickel et au nickel-chrome (par exemple l'acier inoxydable

---

(4) *Zeits. anorg. Chem.*, 152, 1926, p. 1.

(5) On constate qu'avec une intensité de 1 ampère il se dissout 16^{mg} de fer par minute d'électrolyse, alors que la quantité théorique calculée pour Fe^{++} est 17^{mg},8.

austénitique 18 pour 100 Cr et 18 pour 100 Ni) peuvent être polis dans la solution indiquée, avec une intensité d'au moins 10 ampères par décimètre carré, mais il est préférable d'utiliser le mélange 665$^{cm^3}$ d'anhydride acétique-335$^{cm^3}$ d'acide perchlorique à 65 pour 100. L'intensité nécessaire est voisine de 6 ampères par décimètre carré. Les réactifs d'attaque employés aussitôt après le polissage sont beaucoup plus actifs que sur les mêmes alliages polis mécaniquement. Cette dernière solution convient aussi pour l'acier à 3 pour 100 de silicium.

Indiquons enfin que, pour les aciers au carbone, il peut y avoir avantage à utiliser la solution décrite au début, mais dans laquelle on a dissous préalablement, par attaque anodique, environ 0,5 pour 100 d'aluminium. L'augmentation de viscosité permet une agitation plus énergique et l'emploi d'une intensité voisine de 3 ampères par décimètre carré.

D'une façon générale, le polissage électrolytique des aciers est très rapide dès que l'on a acquis une certaine expérience. Les échantillons, de forme et de dimensions quelconques, sont polis sur toutes leurs faces; ils sont exempts de rayures et les attaques par les réactifs habituels donnent un meilleur contraste entre les constituants. En outre, les inclusions, discontinuités, tapures, flocons etc. apparaissent très nettement, et ne sont pas déformés, comme cela se produit souvent pendant le polissage mécanique.

Les détails expérimentaux de la méthode et les photomicrographies typiques obtenues seront publiés ultérieurement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'eau sur le sodium, le cuivre et le mercure.* Note de MM. **Georges Costeanu** et **Paul Renaud**.

Nous avons montré [1] que l'on peut diriger un jet de vapeur d'eau, sur une surface sensible de sodium, à température ordinaire, dans le vide, sans que la surface brillante du sodium soit ternie par le passage d'un gramme d'eau. Nous avons rapproché ce phénomène de la faible proportion de chocs efficaces constatée dans les réactions en phase gazeuse, et nous avons cherché à augmenter la probabilité de réaction dans un choc en occasionnant des chocs à énergie plus grande, sans accroître la température, au moyen de décharges électriques.

Nous avons reproduit l'expérience où la vapeur d'eau arrive sur une

(1) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 252.

surface brillante de sodium, en établissant, au moyen d'une bobine de Ruhmkorff, une différence de potentiel entre le sodium et une électrode située dans le courant d'arrivée de la vapeur d'eau. Le système ainsi constitué forme une soupape électrique, la longueur de l'étincelle fournie par la bobine est de 12^{mm} ou 1^{mm} suivant qu'elle est connectée dans un sens ou dans l'autre. Les phénomènes lumineux produits dans ces deux cas sont très différents.

L'action de la vapeur d'eau sur le sodium se manifeste alors rapidement par un voile qui recouvre la surface brillante. La proportion des chocs efficaces est beaucoup plus grande. Le courant de vapeur d'eau, qui n'agit pas sur le sodium, sans l'aide du potentiel, agit encore moins sur le cuivre ou le mercure. L'action du potentiel est si grande que l'eau agit, en sa présence, non seulement sur le sodium, mais aussi sur le cuivre, qui noircit.

Dans ces expériences, les énergies électriques mises en jeu, pour une molécule, sont de plusieurs électrons-kilovolts, tandis que celles des réactions chimiques mises en jeu dans l'électrolyse sont de l'ordre de l'électron-volt. On pouvait se demander si l'action du potentiel permettrait de faire réagir l'eau sur le mercure à basse température. Un jet de vapeur d'eau fut envoyé sur un bloc de mercure, refroidi dans l'air liquide, qui servait d'électrode. Après l'opération, le mercure était couvert d'une couche d'oxyde noir réparti suivant une tache noire, un anneau noir, puis une pellicule noire uniforme.

Le mécanisme de cette opération a pu être décomposé. Tant que l'air liquide entoure le mercure, celui-ci reste brillant; il en est de même avec la carboglace. Si on le réchauffe, il noircit vers —40°, même si la décharge et le courant de vapeur d'eau sont arrêtés. Le mécanisme de la réaction est ainsi décomposé en deux temps. La décharge produit des composés susceptibles de réagir sur le mercure à —40° et condensables dans l'air liquide. Au réchauffement, ils agissent sur le mercure au voisinage de son point de fusion. Nous avons vérifié que l'ozone et l'eau oxygénée réagissent sur le mercure vers —40° et nous avons étudié leur comportement dans le vide. L'eau oxygénée s'y décompose de telle sorte qu'elle rend très difficile l'obtention de bons vides tandis que l'ozone s'évapore facilement. Nous avons pu mettre en évidence la présence d'un gaz, qui, sous l'influence d'un fil de platine rougi, augmente sa pression de moitié et qui est de l'ozone. Sa pression a été mesurée à la jauge de Mac-Leod, dont le mercure n'est pas sensiblement attaqué, par de l'ozone desséché par l'air liquide.

La présence d'eau oxygénée, déjà mise en évidence par d'autres auteurs, après la décharge, a été mise en évidence par son action caractéristique sur le vide où son comportement est singulier, puisqu'elle se décompose encore dans l'air liquide, de façon appréciable.

Conclusion. — Sans préjuger de l'identité ou de la diversité des mécanismes de réaction entre l'eau et les métaux, en l'absence ou en présence de potentiel, on constate que la proportion, très faible de chocs efficaces à la température ordinaire, peut être considérablement augmentée par l'action de la décharge, comme elle l'est par une élévation de la température. Les particules ionisées, lancées par la différence de potentiel, occasionnent des chocs à grande énergie cinétique, analogues à ceux des hautes températures. En précisant le mode de contact et en utilisant des différences de potentiel élevées, on peut modifier complètement les actions chimiques de deux corps.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les arséniates de calcium. Étude du système* $As^2O^5 — OCa — OH^2$ *à* 17°. Note de M. **Henri Guérin**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons effectué sur le système $As^2O^5 — OCa — OH^2$, une étude comparable à celle que nous avons précédemment publiée sur le système $As^2O^5 — OBa — OH^2$ (1).

Nous sommes parvenu à caractériser à 17°, soit par la méthode des restes (2), soit par analyse directe, les six arséniates reportés dans le tableau ci-dessous, où figurent également la composition et le pH des solutions délimitant le domaine d'existence de ces six phases solides.

Phase solide.	pH.	Solution (%) As^2O^5.	Solution (%) OCa.	Rapport $\frac{\text{mol. OCa}}{\text{mol. } As^2O^5}$
	—	71,5	—	—
$(AsO^4)^2CaH^4$				
	2	27,5	6,50	0,97
$(AsO^4)^2Ca^2H^2.2OH^2$				
	6	0,87	0,24	1,10
$(AsO^4)^2Ca^2H^2.4OH^2$				
	6,8	0,32	0,09	1,19
$2As^2O^5.5OCa.10OH^2$				
	7,8	0,10	0,05	1,70
$(AsO^4)^2Ca^3.xOH^2$				
	9,6	—	0,03	—
$As^2O^5.4OCa.5OH^2$				
	—	—	0,12	—

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1300.

(2) F. A. H. Schreinemackers, *Z. phys. Chem.*, 11, 1893, p. 75.

Nos observations et nos déterminations analytiques nous permettent de formuler les conclusions suivantes :

1° L'arséniate de calcium le plus acide est l'arséniate monocalcique, sel bien cristallisé et hydrolysable.

2° En ajoutant de l'acide arsénique à des suspensions aqueuses d'hydroxyde de calcium, de manière à ce que les pH des solutions soient finalement échelonnés entre 5 et 6,8, on voit se former un sel bien cristallisé qui séché à l'air répond à la formule $(AsO^4)^2 Ca^2 H^2 . 6 OH^2$. Ce sel est un arséniate bicalcique hexahydraté non décrit jusqu'ici. Si on l'abandonne au contact des eaux mères, il se transforme, plus ou moins rapidement, soit en aglomérats de grands cristaux de quadrihydrate (pharmacolite), si le pH est supérieur à 6, soit en rosaces de cristaux fusiformes, puis en bâtonnets de bihydrate (haidingérite), si le pH est inférieur à 6. Ce dernier composé se forme directement, lorsque les proportions de chaux et d'acide arsénique sont telles que les eaux mères aient un pH inférieur à 5.

3° L'arséniate bicalcique se transforme très lentement au contact de l'eau, en donnant des sels plus basiques : tout d'abord le *biarséniate pentacalcique* $2 As^2O^5 . 5 O Ca . 10 OH^2$, intermédiaire entre les arséniates bicalcique et tricalcique (hydrate parfaitement cristallisé, non signalé jusqu'ici) et finalement l'arséniate tricalcique.

Cette hydrolyse est très lente à la température ordinaire. Dans la solution dont le pH est voisin de 7,8, le rapport OCa/As^2O^5 correspond à l'arséniate bicalcique en équilibre et ne varie que très peu pendant un certain temps. La stabilité relative de ce faux équilibre nous avait fait considérer avec d'autres auteurs l'arséniate bicalcique comme soluble et non hydrolysable ([3]).

4° La solubilité de l'arséniate tricalcique, sel formé de très fines aiguilles, est d'environ 12^{mg} de sel anhydre dans 100^g de solution. Après essorage et séchage dans l'air du laboratoire, sa teneur en eau est voisine de celle du décahydrate. La dessiccation en présence d'acide sulfurique conduit à l'octohydrate et, dans le vide sulfurique, au trihydrate.

5° L'arséniate tricalcique, laissé au contact de solutions de chaux contenant plus de 0,03 pour 100 de OCa, se transforme en arséniate tétracalcique hydraté, $As^2O^5 . 4 O Ca . 5 OH^2$, non décrit jusqu'ici, et cristallisé en tablettes rectangulaires.

En résumé, nous avons caractérisé, à 17°, les phases stables $(AsO^4)^2 CaH^4$,

([3]) *Bull. Soc. chim. France*, 5e série, 4, 1937, p. 1249.

$(AsO^4)^2Ca^2H^2.2OH^2$, $(AsO^4)^2Ca^2H^2.4OH^2$, $2As^2O^5.5OCa.10OH^2$, $(AsO^4)^2Ca^3.xOH^2$, $As^2O^5.4OCa.5OH^2$ et un hydrate instable $(AsO^4)^2Ca^2H^2.6OH^2$.

Il ne paraît pas exister d'arséniate de calcium acide comparable au sel $2As^2O^5.OBa.3OH^2$, isolé au cours de notre étude du système $As^2O^5 — OBa — OH^2$ (¹).

Enfin le composé $2As^2O^5.5OCa.10OH^2$, ou $(AsO^4)^4Ca^5H^2.9OH^2$, est analogue au phosphate $(PO^4)^4Ca^5H^2.9OH^2$, isolé par Jolibois (⁴).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction par l'hydrogène des variétés allotropiques du bioxyde de manganèse.* Note de M. **Jean-Michel Dunoyer**, présentée par M. Paul Lebeau.

J'ai appliqué à la réduction du bioxyde de manganèse la méthode qui m'a servi à étudier la réaction de l'hydrogène sur l'anhydride chromique (¹). Quelle que soit la variété allotropique du bioxyde employé, le terme final de la réduction est le protoxyde pyrophorique vert clair signalé par Moissan (²).

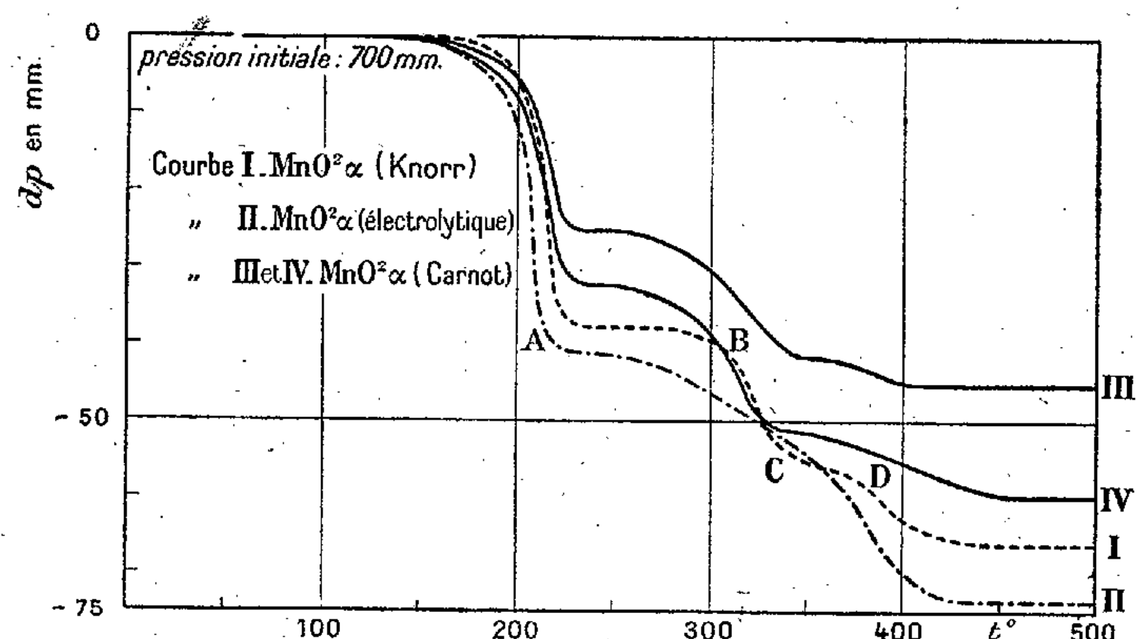
La méthode de préparation de Knorr (³) donne, d'après Dubois (⁴), MnO^2_α, dont la réduction est représentée par la courbe I. La réaction commence vers 170°, la formation du sesquioxyde est marquée par le palier AB, cet oxyde se réduit à son tour vers 280° (B); le coude C indique l'apparition de Mn^3O^4 sans que l'on observe de véritable palier; il est probable que l'oxyde salin réagit au fur et à mesure de sa formation, seul un changement de pente est perceptible vers 380° (D), température à laquelle l'oxyde salin provenant de la calcination du bioxyde à haute température subit une réduction, comme en témoigne la courbe VI relative à cet oxyde.

Je me suis également proposé d'étudier l'action de l'hydrogène sur le bioxyde de manganèse se déposant à l'anode dans l'électrolyse du sulfate de manganèse. La réaction est représentée par la courbe II, son analogie,

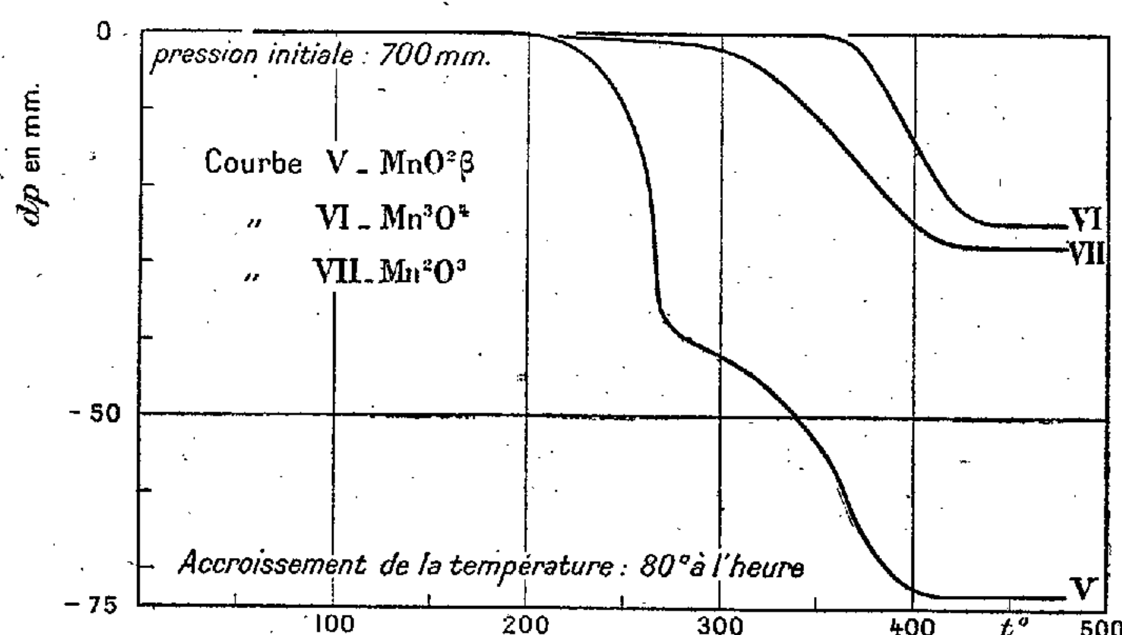
(¹) *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 1161.

(¹) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 520.
(²) *Ann. Chim.*, 5ᵉ série, 21, 1880, p. 231.
(³) *Zeitschr. f. angew. Chem.*, 14, 1901, p. 1149.
(⁴) *Contribution à l'étude des oxydes de manganèse* (*Thèse*, 1935).

du moins au début, avec la courbe I, montre qu'il se forme MnO^2_α; c'est de cette façon que l'on peut obtenir un oxyde dont la réaction entraîne la variation de pression théorique correspondant au passage du bioxyde au protoxyde. Les autres modes de formation fournissent des corps retenant de l'eau; le phénomène est particulièrement net avec ceux préparés par la



méthode de Carnot ([5]), auxquels se rapportent les courbes III et IV. Ces oxydes avaient été préalablement séchés, l'un à 110° (III), l'autre à 200° (IV). On voit qu'il s'agit ici encore de l'oxyde MnO^2_α. Je rappelle que



Dubois, se plaçant dans des conditions voisines de celles de Carnot, a caractérisé un sexquioxyde $Mn^2O^3, H^2O + aq$. Or il avait opéré avec de l'ammoniaque diluée, dans ces conditions l'oxydation s'arrête au sesqui-

([5]) *Bull. Soc. chim.*, 9, 1893, p. 614.

oxyde. En utilisant de l'ammoniaque concentrée, nous avons été conduit à des résultats différents.

La calcination du nitrate à 300° donne le bioxyde β. La réduction, représentée par la courbe V, commence vers 220°, fournissant du sesquioxyde, sur lequel l'hydrogène réagit à la même température que dans le cas du bioxyde α.

La courbe VII a trait à la réduction du sesquioxyde provenant d'une chauffe prolongée du bioxyde à 220° dans un courant d'hydrogène.

En résumé, l'hydrogène agit sur le bioxyde α vers 170° et sur le bioxyde β vers 220°. Seule la calcination du nitrate donne cette dernière variété. On obtient toujours du sesquioxyde réductible vers 260°.

L'action de l'hydrogène sur l'oxyde salin calciné à haute température se produit vers 350°, mais l'impossibilité d'observer un palier dans la courbe de réduction de MnO^2 montre que cet oxyde doit réagir dès sa formation à plus basse température.

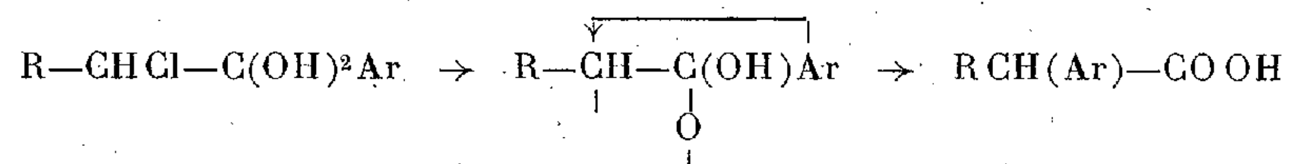
CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshalogénation alcaline de la chloro-*1 *cyclohexylméthylcétone et de la chloro-*1 *cyclohexylphénylcétone. Transposition en acides cyclohexylformiques α substitués.* Note de Mlle **Bianca Tchoubar** et M. **Otto Sackur**, présentée par M. Auguste Béhal.

On connaît de nombreux exemples de transpositions se produisant dans la déshalogénation alcaline des cétones α halogénées et aboutissant à des acides (1). On peut les classer en deux groupes suivant qu'elles se rattachent ou non aux transpositions connues.

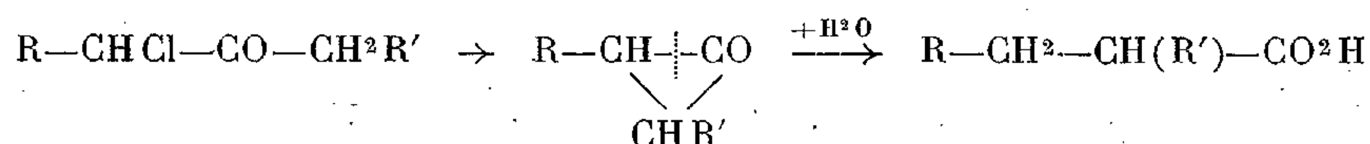
Un premier groupe comprend les transpositions se rattachant aux types classiques; il est constitué par les cétones $CH^2Cl - CO - R$ et $R - CHCl - CO - Ar$ qui se transforment respectivement en les acides $R - CH^2 - CO^2H$ et $R(Ar)CH - CO^2H$ par migration de R ou de Ar. On peut admettre que ces acides sont formés : soit par hydratation des cétènes $R - CH = CO$ et $R(Ar)C = CO$, qui résulteraient eux-mêmes d'une déshalogénation rétropinacolique (élimination de ClH sur un même atome de carbone) ou encore d'une transposition semipinacolique s'appliquant à la forme énolique $RCCl = C(OH)Ar$ (élimination avec H de l'hydroxyle vinylique), soit peut-être par transposition semipinacolique s'appliquant à l'hydrate de cétone $R - CHCl - C(OH)^2Ar$ (élimination avec H d'un hydroxyle), transposition que, par analogie avec la transpo-

(1) Faworski, *J. Soc. Phys. Chim. Russe*, **46**, 1914, p. 1097; **50**, 1918, p. 582; Richard, *Thèse de sciences*, Nancy, 1936; *Bull. Soc. chim.*, 5e série, **5**, 1938, p. 286.

sition benzilique, il conviendrait d'appeler *semi-benzilique* [2].

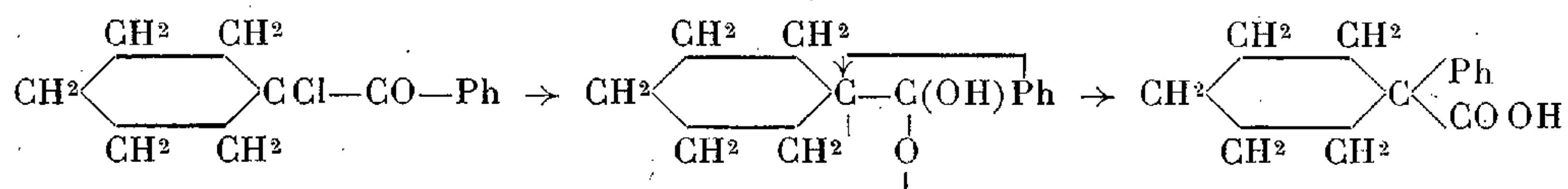


Un deuxième groupe comprend les transpositions ne répondant pas aux types classiques; il est constitué par des cétones à halogène secondaire telles que $R - CHCl - CO - CH^2R'$, dans lesquelles R' est un hydrogène ou un méthyle, alors que R peut être l'un des divers radicaux suivants : méthyle, benzyle, phényle. Ces cétones se transforment en acide $R - CH^2Cl - CH(R') - CO^2H$ avec migration, non du radical CH^2R', mais du radical R'. Richard a été conduit à admettre la formation intermédiaire de dérivé vinylique $R - CHCl - C(OH) = CH - R'$ qui, par un mécanisme non encore rencontré jusqu'ici et comportant la migration de R', se transformerait en $R - CH^2 - CH(R') - CO^2H$. Toutefois nous estimons plus rationnel d'admettre une triméthylénisation suivie d'une rupture (trait pointillé) se produisant en un point différent de celui où la cyclisation a eu lieu



Dans la présente Note nous apportons deux nouveaux cas concernant des cétones cyclaniques du type $> CCl - CO - R$ dans lesquelles $R = CH^3$ ou C^6H^5 et qui, sous l'action des alcalis, se transforment en acides $> C(R)CO^2H$ avec migration du radical R.

Dans les deux cas la formation de cétène se trouve exclue; enfin, dans le deuxième cas, celui dans lequel $R = C^6H^5$ (Ph), la triméthylénisation ainsi que l'énolisation sont impossibles : le seul mécanisme qu'il convienne alors d'invoquer reste donc la transposition semi-benzilique



I. *Préparation et déshalogénation du chloro-1 cyclohexylméthylcétone.* — En faisant agir suivant la technique de Richard le chlorure de sulfuryle sur la cyclohexylméthylcétone, on obtient la cétone $> CCl-CO-CH^3$ ($Éb_{15}$ 87-89°; D_4^{15} 1,072) dont on établit la constitution par sa transforma-

---

(2) Ce mécanisme est à rapprocher des réactions décrites par FAWORSKI (*loc. cit.*), ainsi que par TIFFENEAU et JEANNE LÉVY, *Ann. Soc. Chim. Arg.*, 16, 1928, p. 144, et par DANILOW et DANILOWA, *Ber. d. Chem. Ges.*, 62, 1929, p. 2653.

tion en cétol $>$COH—CO—CH^3 (semi-carbazone F. 205°), puis, par déshydratation oxalique, en acétyl-1 cyclohexène-1 (semi-carbazone F. 220°) qu'on a identifié au produit synthétique ([3]). La cétone chlorée ci-dessus, traitée par la potasse sèche en poudre, se transforme, après 2 à 3 heures de contact, en sel de potassium de l'acide méthyl-1 cyclohexylformique, dont nous avons pu identifier l'amide (F. 63°) en préparant celui-ci à partir de l'acide synthétique résultant de l'action de CO^2 sur $>$ C (CH^3) MgCl. La lessive de soude transforme également la cétone chlorée après 1 heure de chauffage, en l'acide ci-dessus. Quant au carbonate de soude dilué (10 %), il transforme environ la moitié de la cétone chlorée en cétol et l'autre en acide dont la proportion augmente avec la concentration de la solution alcaline.

II. *Préparation et déshalogénation du chloro-1 cyclohexylphénylcétone.* — On chauffe à reflux la phénylcyclohexylcétone en présence d'un excès de SO^2Cl^2 jusqu'à cessation de tout dégagement gazeux. La cétone chlorée est recristallisée dans l'éther de pétrole (F. 59°). La déshalogénation de cette dernière en solution éthérée, par agitation prolongée avec la soude pulvérisée (12 h.), fournit, avec un rendement de 30 à 40 pour 100, l'acide phényl-1 cyclohexylformique (F. 123°) qu'on a identifié à l'acide provenant de l'oxydation de l'aldéhyde correspondant ([4]). Ce qui reste après cette réaction est constitué par le benzoyl-1 cyclohexène-1.2 (semi-carbazone F. 214) ([5]). Cette cétone non saturée se forme exclusivement lorsque la déshalogénation est effectuée par la lessive de soude à l'ébullition.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de carbures acétyléniques vrais.* Note de M. **Daniel Bodroux**, présentée par M. Marcel Delépine.

MM. Meunier et Desparmet ([1]), puis Bourguel ([2]) ont obtenu de nombreux carbures acétyléniques vrais en faisant agir à chaud l'amidure de sodium sur divers carbures dihalogénés.

J'ai constaté que, pour la préparation de quelques-uns de ces carbures

([3]) Darzens, *Comptes rendus*, **150**, 1910, p. 709.

([4]) M. Tiffeneau, P. Weil, G. Gutmann et B. Tchoubar, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 277.

([5]) Wieland et Bettag, *Ber. d. chem. Ges.*, **55**, 1922, p. 2246.

([1]) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **1**, 1907, p. 342, et 4e série, **35**, 1924, p. 481.

([2]) *Ann. Chim.*, 10e série, **3**, 1925, p. 191 et suiv.

acétyléniques, l'amidure de sodium peut être remplacé par le dérivé monosodé de l'aniline, les réactions ayant avec ce corps l'avantage de s'amorcer à la température ambiante.

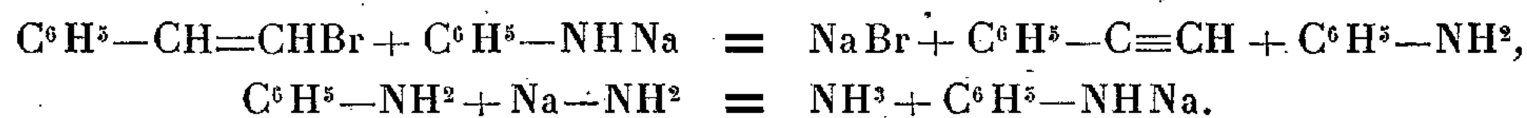
Le dérivé monosodé de l'aniline s'obtient très facilement par l'action de cette amine en solution dans l'éther sur l'amidure de sodium. Il se dégage de l'ammoniac et le dérivé organo-métallique formé se dissout. En faisant tomber goutte à goutte dans le liquide un dérivé dihalogéné en 1.1 ou en 1.2 d'un carbure méthanique, une réaction si énergique se produit qu'il est parfois nécessaire de refroidir le ballon dans lequel l'opération s'effectue; mais ici, contrairement à ce que MM. Meunier et Desparmet ont constaté avec le bromure d'éthylène et l'amidure de sodium, les carbures gazeux ne se dégagent pas. Ils forment avec l'excès de réactif dont il faut, semble-t-il, 3 mol.-g. pour 1 mol.-g. du dérivé dihalogéné, un complexe qui se dépose en partie et épaissit le liquide. Lorsque la réaction est terminée, une addition d'eau détruit ce complexe et libère le carbure; celui-ci, s'il est gazeux, se dégage régulièrement.

Avec le bromure d'éthylène, le chlorure d'éthylène, le chlorure d'éthylidène, j'ai obtenu avec de très bons rendements *l'acétylène*.

Le dibromo-1-2-propane fournit sans difficulté *l'allylène* ou *propine*, dont le dérivé cuivreux, solide jaune, est soluble dans l'ammoniaque en présence de chlorure d'ammonium. Le résultat ici est nettement différent de celui que Bourguel a obtenu dans l'action de ce carbure dihalogéné sur l'amidure de sodium (²).

Le chlorure d'œnanthylidène a fourni *l'heptine*-1 avec un rendement de 40 pour 100 environ; en même temps il y a eu formation importante d'une matière goudronneuse. Le remplacement de l'éther comme dissolvant par l'oxyde de butyle a diminué la proportion d'heptine et augmenté notablement celle du goudron.

Avec le dibromure de styrolène j'ai obtenu le *phénylacétylène* (rendement 45 pour 100 environ). Ce carbure s'est formé également par action de l'ω-bromostyrolène sur la solution éthérée du phénylamidure de sodium. Une série d'expériences m'a permis de constater que les résultats étaient meilleurs en faisant agir sur un mélange d'amidure de sodium et de ce carbure éthylénique monosubstitué en solution éthérée une petite quantité d'aniline qui fonctionne comme catalyseur, régénérant, à mesure qu'il se détruit, le dérivé organique sodé



$$C^6H^5{-}CH{=}CHBr + C^6H^5{-}NHNa = NaBr + C^6H^5{-}C{\equiv}CH + C^6H^5{-}NH^2,$$
$$C^6H^5{-}NH^2 + Na{-}NH^2 = NH^3 + C^6H^5{-}NHNa.$$

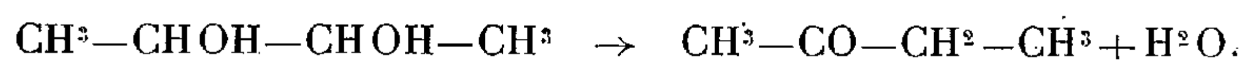
Voici l'exposé de l'une de mes expériences :

Dans un grand ballon à trois tubulures, muni d'un tube à brome, d'un puissant réfrigérant et d'un agitateur rotatif à ailettes en verre pouvant être actionné par un petit moteur électrique, j'ai placé 70g d'amidure de sodium commercial pulvérulent, 200g d'éther, 92g d'ω-bromostyrolène. L'agitateur ayant été mis en marche, j'ai introduit d'un seul coup dans le ballon 2g d'aniline dissoute dans 30g d'éther. En très peu de temps la réaction s'est amorcée avec abondant dégagement d'ammoniac, et, pour la rendre moins vive, il a fallu refroidir par un courant d'eau le ballon dont le contenu s'est transformé peu à peu en une masse pâteuse, par suite de la précipitation du bromure de sodium et de la formation du complexe, carbure acétylénique-amidure de sodium. Après 2 heures d'agitation, la réaction paraissant terminée, le contenu du ballon a été traité par l'eau. La solution éthérée, après lavage et décantation, a été desséchée, puis ses constituants séparés par distillation. J'ai ainsi obtenu 40g de phénylacétylène [P.F. 141°-142°; R.M. calculée 33,75, trouvée 34,9 (Moureu et Bourguel indiquent 34,8)]. En tenant compte des quelques grammes d'ω-bromostyrolène récupérés, le rendement de l'opération a été de 89 pour 100.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le butane diol-2,3 et ses esters.* Note de M. **Léon Denivelle**, présentée par M. Marcel Delépine.

La publication récente d'un résumé de brevet (1) relatif à la préparation de butadiène à partir d'esters de butane diol-2,3 avec des acides monocarboxyliques, nous incite à indiquer dès maintenant les résultats d'une étude qui touche de près le même problème.

Notre produit de départ est un butane diol d'origine biochimique qui, après purification, fond à 26° et distille à 178° sous 742mm. Sa déshydratation au moyen des acides phosphorique et sulfurique, du pentoxyde de phosphore et du chlorure de zinc anhydre conduit, comme on pouvait le prévoir (2), à la méthyléthylcétone :



$$CH^3-CHOH-CHOH-CH^3 \rightarrow CH^3-CO-CH^2-CH^3+H^2O.$$

En vue d'orienter d'une manière différente l'arrachement des éléments de l'eau, nous avons examiné successivement l'action des hydratants basiques et celle d'agents catalytiques; mais aucun de ces essais n'a conduit

(1) *Chemisches Zentralblatt*, **1**, 1939, p. 1059; E. P. **483.989** des *Imp. Chem. Ind. Rowland Hill et Elias Isaacs.*

(2) L. Bouveault et R. Locquin, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **35**, 1906, p. 646; M. Tiffeneau, J. Lévy et P. Weill, *ibid.*, **49**, 1931, p. 1657.

au résultat cherché, le produit dominant reste toujours la méthyléthylcétone.

Ce n'est qu'en ayant recours à des esters du butane diol-2.3, et plus spécialement au sulfite neutre et au diacétate, que nous avons pu aboutir au butadiène.

Le sulfite neutre $CH^3-\underset{|}{CH}-\underset{|}{CH}-CH^3$ ($O.SO.O$, les deux O liés aux deux CH) se prépare par action de chlorure de thionyle (1^{mol}) sur le butane diol (1^{mol}) en présence de pyridine (2^{mol}) et en milieu benzénique; c'est un liquide incolore, peu odorant, distillant à 70-71° sous 12^{mm}. Analyse, calculé pour $C^4H^8O^3S$ (%), C, 35,29; H, 5,87; S, 23,53; trouvé (%), 35,02; 5,34; 23,2.

Par passage sur de la chaux vive à 275°, ce sulfite conduit à un mélange d'oxyde de pseudobutylène $CH^3-CH-CH-CH^3$ (les deux CH liés par O) et de méthyléthylcétone. Au contact de kaolin, il est remarquablement stable; il faut atteindre une température de 280° pour qu'il subisse une décomposition appréciable. A partir de 450°, les produits de pyrogénation renferment du butadiène et à 575° on en recueille de 8 à 10 pour 100.

Nous avons soumis aux mêmes traitements, le diacétate de butane diol-2,3, $CH^3-CH(OCOCH^3)-CH(OCOCH^3)-CH^3$, composé obtenu en premier lieu par Wurtz ([3]), dans la double décomposition entre l'acétate d'argent et le dibrome-2,3 butane.

Nous avons préparé cet ester avec un rendement pour ainsi dire quantitatif, par chauffage prolongé du diol avec un excès d'anhydride acétique. Les auteurs du brevet signalé précédemment l'obtiennent par action d'acide acétique glacial en milieu benzénique et en présence d'acide sulfurique.

Nos essais de pyrogénation montrent qu'au contact de kaolin, le diacétate fournit du butadiène à partir de 350° et en quantité croissante jusqu'aux environs de 575°; ces résultats sont en accord avec les indications du brevet; par ailleurs, nos essais établissent que le diacétate est décomposé par la chaux vive à 225° en donnant de l'oxyde de pseudobutylène et de la méthyléthylcétone.

([3]) *Ann. de Chim.*, 3e série, 55, 1862, p. 456; E.-G. Bainbridge, *J. Chem. Soc. London*, 105, 1914, p. 2295.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la carbonatation des organomagnésiens et les réactions secondaires qui l'accompagnent en série aliphatique.* Note de M. **Marcel Tuot**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nos expériences, effectuées dans différentes conditions (température, concentration, excès de réactif etc.), ont porté sur les bromures de propyle, d'isopropyle, de butyle, d'isobutyle, et ont conduit aux résultats suivants :

1° Le rendement en acide est très élevé (90 pour 100 environ) quand on opère la carbonatation entre —15 et —20° par cinquième de molécule, en ajoutant le réactif de Grignard par portions de 100^{cm^3} (1/5e de molécule environ). Le complexe formé est insoluble dans l'éther et très pâteux; il faut diviser la masse par un brassage mécanique énergique, qui facilite la carbonatation.

2° L'élévation de température et l'excès de magnésien favorisent les réactions secondaires dont l'évolution est cependant assez lente. Le rendement en acide est alors fonction de la température, de la vitesse de carbonatation, de l'excès et de la concentration du magnésien.

3° La nature et l'importance des produits secondaires dépendent essentiellement de la *structure* du radical alcoyle. En présence d'un grand excès de magnésien (3 à 4 fois la quantité théorique) et avec un chauffage prolongé (24 heures à 40°, après carbonatation), on isole après hydrolyse :

a. avec les bromures à chaîne linéaire, l'acide (avec un rendement inférieur à 10 pour 100), la cétone provenant de la fixation de deux molécules de magnésien sur l'anhydride carbonique, l'alcool tertiaire engendré par action du magnésien sur la cétone (produit principal), les alcools primaire et secondaire dont les condensations en carbone sont identiques, pour le premier à celle du magnésien, et pour le second à celle de la cétone formée; on obtient, en plus, de très faibles quantités d'un alcool primaire de même condensation carbonée que l'acide, et d'un hydrocarbure éthylénique correspondant au bromure mis en œuvre;

b. avec les bromures à chaîne ramifiée, les mêmes produits que précédemment sauf l'alcool tertiaire, mais on sépare en quantité beaucoup plus grande l'alcool primaire et l'hydrocarbure éthylénique précités. Avec les bromures substitués en position O, l'alcool de structure analogue au magnésien est secondaire ou tertiaire, suivant le degré de substitution.

On peut interpréter la formation des produits neutres de la manière suivante. La fixation d'une seconde molécule de magnésien conduit au complexe $R^2=C=(OMgBr)^2$, qui donne, par hydrolyse, un hydrate de cétone. Dans le milieu réactionnel, ce complexe évolue simultanément dans deux sens : 1° par élimination de $MgBr^2$, MgO avec apparition corrélative de cétone; 2° par départ d'une molécule d'alcoolate ROMgBr, avec formation du complexe $R-C-OMgBr$, qui se transpose en le dérivé aldéhydique $R-C\langle{}^{O}_{MgBr}$. Cette réaction, dont l'existence est confirmée par la séparation d'une égale quantité d'alcool, permet d'interpréter les phénomènes de substitution observés avec les esters et le carbonate d'éthyle. Il y aurait d'abord addition du magnésien sur la double liaison carbonylée, puis élimination d'une molécule d'alcoolate magnésien, avec production de cétone dans le cas des esters (1), avec séparation d'ester dans le cas du carbonate d'éthyle (2).

La cétone et le dérivé aldéhydique formés réagissent alors sur le magnésien conformément aux règles que nous avons données (1) pour les cétones et les esters (les aldéhydes aliphatiques présentent également le phénomène de réduction avec les bromures à chaîne ramifiée, mais à un degré moindre). La cétone fournit soit l'alcool tertiaire (bromures à chaîne linéaire), soit l'alcool secondaire avec dégagement proportionnel d'hydrocarbure éthylénique (bromures à chaîne ramifiée). Le dérivé R.CO.MgBr conduit soit à l'alcool secondaire (bromures à chaîne linéaire), soit à l'alcool primaire avec production équivalente de carbure non saturé (bromure à chaîne ramifiée).

Toutefois la durée et la température, nécessaires pour arriver à une transformation à peu près complète en produits neutres, augmentent l'intensité du phénomène de réduction. En ce qui concerne la fonction cétone, les bromures substitués en position O ou α se comportent d'une manière analogue et conduisent uniquement aux produits de réduction.

Le mécanisme proposé par MM. Mousseron et Granger (3), pour expliquer la production de composés neutres dans la carbonatation des organomagnésiens, indique la formation d'hydrocarbures saturés que nous n'avons pas isolés au cours de nos recherches sur les réactions secondaires (1) (4).

---

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1124.

(2) TCHITCHIBABINE, *Ber. d. Chem. Ges.*, 38, 1905, p. 561.

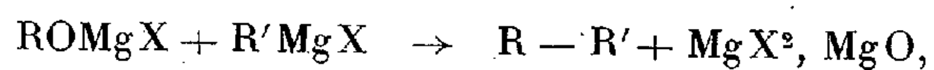
(3) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 986.

(4) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1019; 207, 1938, p. 1227.

D'autre part ces auteurs attribuent la formation de carbure non saturé à l'hydrolyse d'un complexe formé par une fixation du magnésien sur la double liaison carbonylée suivant les conceptions de Vanine ([5]).

Dans nos expériences le carbure non saturé est gazeux. Or nous avons toujours constaté son dégagement au fur et à mesure de la condensation organomagnésienne; la décomposition par l'eau ne modifie jamais les résultats.

Les hydrocarbures saturés mis en évidence par MM. Mousseron et Granger doivent, à notre avis, provenir de la réaction



$$ROMgX + R'MgX \rightarrow R - R' + MgX^2, MgO,$$

qui se produirait entre les alcoolates magnésiens et le réactif de Grignard. D'ailleurs cette réaction a été déjà signalée, en série cyclique, à propos de la condensation organomagnésienne des aldéhydes ([6]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la réactivité des deux systèmes diéniques du furyléthylène.* Note de M. **Raymond Paul**, transmise par M. Robert Lespieau.

Diels et Alder ([1]) ont établi que le furan et le méthyl-furan se condensaient aisément avec l'anhydride maléique pour donner des dérivés de l'époxy-1.4-cyclohexène-2. Un peu plus tard, van Campen et Johnson ([2]), appliquant cette réaction à toute une série de composés furaniques, constatèrent que l'existence d'un groupement éthylénique relié directement au noyau empêchait la condensation.

Des recherches sur la réactivité de la double liaison extranucléaire des furylalcènes ([3]) m'ont amené à reprendre l'étude de cette réaction dans le cas du furyléthylène.

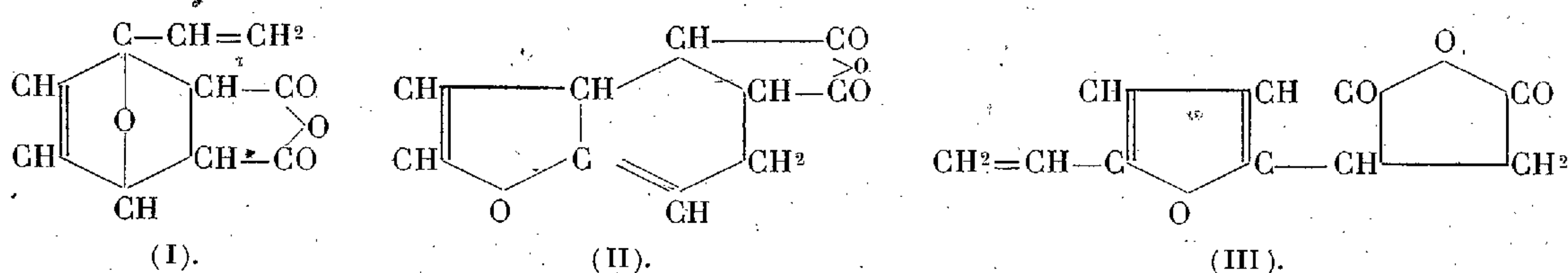
En l'absence de solvant, le furyléthylène s'additionne à l'anhydride maléique avec un dégagement de chaleur suffisant pour résinifier le produit de la condensation; mais, en opérant avec une solution éthérée du dérivé

([5]) *J. Soc. Chim. Phys. Russe*, 47, 1915, p. 1094.
([6]) Ch. Courtot, *Le Magnésium en Chimie organique*, Nancy, 1926, p. 166.

([1]) *Ber. d. chem. Ges.*, 62, 1929, p. 554.
([2]) *Am. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 430.
([3]) R. Paul, *Bull. Soc. chim.*, 5e série, 2, 1935, p. 2220.

furanique (conc. 1/1), il se dépose au bout de quelques heures, à la température ordinaire, de gros cristaux prismatiques, presque insolubles dans l'éther, et qui, après recristallisation dans l'acide acétique, fondent à 150° (proj.). L'analyse (C % 62,40; H % 4,48) montre qu'il s'agit bien d'une combinaison équimoléculaire d'anhydride maléique et de furyléthylène. Rendement 80 pour 100.

Si l'on ne rejette pas *a priori* l'hypothèse d'une addition substituante ([4]), bien qu'elle n'ait pas été observée jusqu'ici dans la série furanique, trois formules peuvent être envisagées pour ce composé :

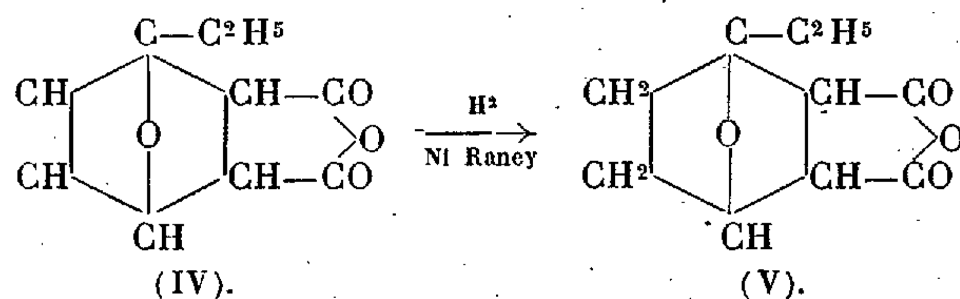


1° En traitant l'adduct par une solution de carbonate de sodium, puis en précipitant la solution obtenue par l'acide chlorhydrique, on isolant un acide A (cristallisé dans l'acétone, P. F. 227-228°; C °/₀ 57,08; H °/₀ 5,06) qui n'est pas décomposable par l'eau bouillante. Cette stabilité ne se conçoit guère dans l'hypothèse (I), les époxydes de ce type étant entièrement dissociés par l'eau à 100°. En particulier l'anhydride de l'acide éthyl-1-époxy-1.4-cyclohexène-2-dicarbonique-5.6 [form. (IV); P. F. 97-98°; C °/₀ 61,63; H °/₀ 5,34], obtenu sans difficulté par action du furyléthane sur l'anhydride maléique, redonne quantitativement ces composés par ébullition avec un excès d'eau.

2° L'hydrogénation de l'acide A, soit par le nickel de Raney, soit par le platine de Vavon, est pénible et ne permet pas de fixer plus de 2^{mol} d'hydrogène; il ne peut donc s'agir du corps (III) possédant trois doubles liaisons. De plus, la difficulté de l'hydrogénation s'accorde mal avec la formule (I), dont la liaison éthylénique terminale doit être très réactive. On a vérifié d'ailleurs que la double liaison des composés similaires était très facile à hydrogéner : l'anhydride de l'acide éthyl-1-époxy-1.4-cyclohexène-2-dicarbonique-5.6 fixe rapidement 1^{mol} d'hydrogène pour donner l'anhydride de l'acide éthyl-1-époxy-1.4-cyclohexane-dicarbonique-5.6

([4]) R. Belaby, *Bull. Soc. chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 765.

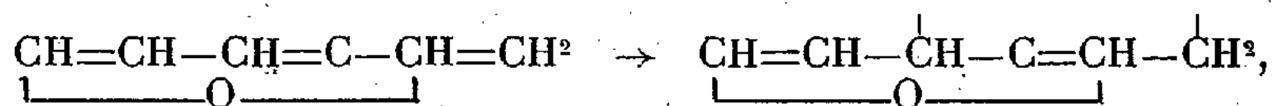
(P. F. 108°,5; C % 61,22; H % 6,12)



L'acide correspondant s'est révélé différent de celui qu'on a obtenu par hydrogénation de A : il faut donc écarter la formule (I), car, si A dérivait de (I), son hydrogénation aurait dû conduire à l'acide (V).

3° Enfin, l'ozonisation de l'adduct (et de l'acide A qui en dérive), effectuée comparativement à l'ozonisation du furyléthylène, selon la technique de Dœuvre, n'a pas donné de méthanal, ce qui montre bien l'absence de groupement $H^2C=CH—$.

Tous ces résultats conduisent donc au rejet des formules (I) et (III); la formule (II) (anhydride de l'acide tétrahydrobenzo-furan-dicarbonique) que nous adopterons pour le moment, montre que, des deux systèmes diéniques existant dans le furyléthylène,



c'est le système formé par la conjugaison de la double liaison latérale avec l'une des liaisons éthyléniques nucléaires qui a joué dans la réaction de Diels et Alder.

MINÉRALOGIE. — *Synthèse de l'anorthite par pneumatolyse à l'aide d'explosifs brisants.* Note (¹) de MM. **Albert Michel-Lévy** et **Jean Wyart**, présentée par M. Charles Fabry.

A la suite des reproductions artificielles des feldspaths alcalins, orthose et albite, antérieurement signalées (²), nous avons réalisé la synthèse du feldspath plagioclase purement calcique, l'anorthite.

Dans 1ᵍ,50 d'un explosif brisant, l'hexogène, on a mélangé un total de 0ᵍ,25 de matières minérales, composées de silice précipitée 0ᵍ,12, alumine 0ᵍ,05, carbonate de calcium 0ᵍ,08.

(¹) Séance du 20 mars 1939.

(²) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 293.

Deux expériences ont été faites successivement, dans une atmosphère d'argon, les bombes d'acier comportant à leur intérieur une chambre faite d'un tube d'argent entouré de deux tubes de laiton qui assurent un joint étanche. La pression dans l'onde de choc au contact de l'explosif ne pouvant être précisée, mais étant estimée à plusieurs dizaines de tonnes, la pression répartie au moment de la détonation sur les parois de la chambre d'explosion d'un volume de $3^{cm^3},40$ est approximativement



Anorthite synthétique (gross. × 100). 1er essai.

de 11800^{kg} par centimètre carré. La pression tombe à 2270^{kg} pour une température de recuit de 550°, puis se maintient à ce niveau pendant toute la durée de l'expérience. On réalise ainsi avec ce procédé simple, des pressions et des températures élevées pendant plusieurs jours.

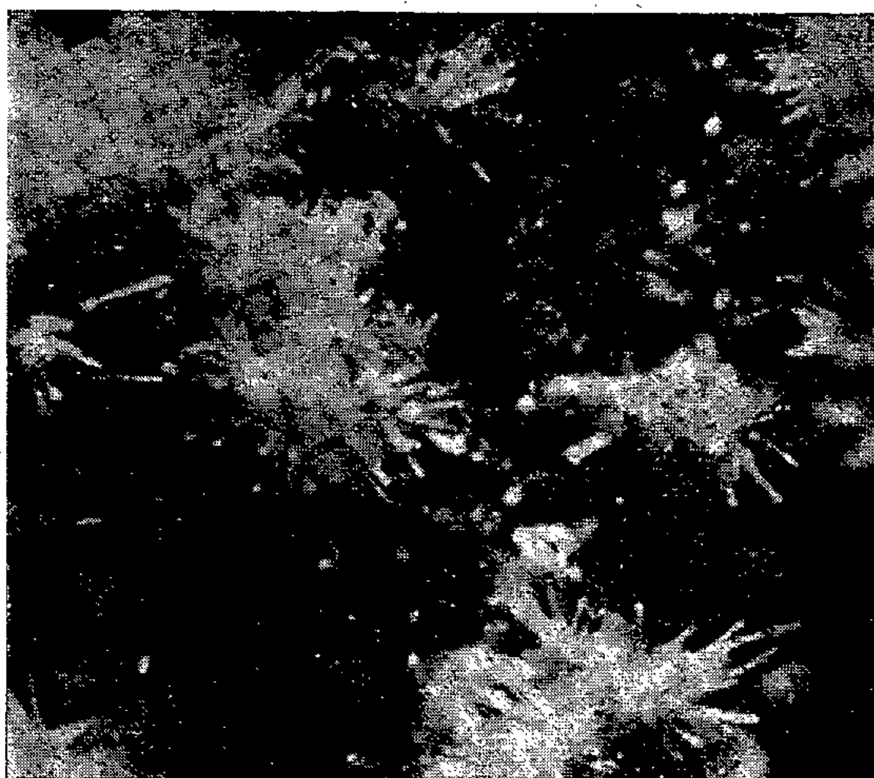
Dans la première expérience, le recuit a été de 4 jours à 510°, dans la deuxième de 7 jours à 560°.

Dans les deux cas on a obtenu des croûtes blanches finement cristallines, riches en sphérolites, surtout dans le deuxième essai, avec résidu de verre bulleux, couvertes de rosettes de fins cristaux développés librement.

Les sphérolites sont faits de fibres disposées en secteurs, de biréfringence assez faible, à allongement tantôt positif, tantôt négatif, à réfringence un peu supérieure à celle du baume. Ces propriétés optiques sont conformes à celles de l'*anorthite*.

Les rosettes de fins cristaux, dans la première expérience, sont formées de cristaux d'anorthite allongés suivant pg^1, à faces bien définies. Leur

dimension atteint $0^{mm},20$ de longueur, et $0^{mm},03$ d'épaisseur. Les extinctions sont obliques et atteignent $+45°$; ils sont maclés suivant la loi de l'albite. Ils sont fixés sur des agglomérats de *calcite* bien cristallisée.



Anorthite synthétique (gross. × 100). 2ᵉ essai.

Dans la deuxième expérience les rosettes de fins cristaux sont plus fines et nombreuses. Ce sont des aiguilles creuses de biréfringence très faible, à extinction plus souvent droite qu'oblique, à allongement plus souvent positif que négatif; elles semblent constituer, au moins en partie, une forme cristallitique d'anorthite. Elles portent fixées sur toute leur longueur de très fines cristallisations de calcite qui, dans cette expérience est la dernière cristallisée.

Dans les deux cas les rayons X, sur des poudres attaquées au préalable par l'acide chlorhydrique et l'acide nitrique, de même que sur les rosettes isolées de cristaux du premier essai, ont donné des diagrammes de poudre d'anorthite.

En comparant les résultats des deux essais, on constate que le recuit plus prolongé et à température un peu plus élevée a favorisé l'abondance des sphérolites d'anorthite mêlés au résidu vitreux, au détriment de l'anorthite cristallisée en rosettes superficielles. En outre, la calcite n'a cristallisé, dans ce cas, que comme produit de la fin, alors que dans le recuit plus bref, elle a cristallisé avant la genèse des cristaux d'anorthite libre; silice et alumine existant encore à l'état gazeux dans l'atmosphère à haute pression de la bombe.

Ainsi les trois feldspaths principaux des roches éruptives, orthose, albite, anorthite, ont pu être reproduits par voie gazeuse. Il est à présumer que la série complète des plagioclases, mélanges isomorphes d'albite et d'anorthite, est susceptible de prendre naissance par pneumatolyse.

GÉOLOGIE. — *Les formations marines quaternaires des environs d'Obock (Côte française des Somalies).* Note de MM. **René Abrard** et **Edgar Aubert de La Rüe.**

Les dépôts marins de la région d'Obock ont été décrits jadis par L. Faurot [1] qui s'est d'ailleurs peu étendu sur leur faune. Plus récemment M. Dreyfuss [2] a cité quelques Échinides en provenant, notamment *Brissus carinatus* Lmk., *Echinometra subangularis* Lesk., *Clypeaster Audouini* Fourteau et *Laganum depressum* Lesson. M. P. Teilhard de Chardin [3] a distingué dans la série d'Obock trois niveaux : *a.* un « Corallien fondamental », formé par des bancs de Coraux surmontant des formations sableuses ; *b.* des dépôts détritiques, fortement durcis, provenant d'une mer peu profonde et qui contiennent un peu partout des galets rhyolitiques ; des massifs coquilliers caractérisés par une grande *Ostrea* les accompagnent; *c.* le niveau supérieur, demeuré meuble, est formé de sables coquilliers contenant en particulier divers Échinides.

L'un de nous [4] a examiné dernièrement ces dépôts et y a trouvé une faune de Mollusques extrêmement riche, composée d'espèces actuelles dont la plupart vivent encore dans les parages du golfe d'Aden. Les différentes coupes relevées aux alentours d'Obock ne correspondent pas toujours à la succession observée par M. Teilhard de Chardin. Ces coupes diffèrent du reste sensiblement les unes des autres, même à des intervalles rapprochés et montrent que les dépôts quaternaires d'Obock présentent des variations latérales de faciès très fréquentes. Les Coraux jouent un rôle prépondérant dans ces formations, constituant des récifs en place ou apparaissant à l'état remanié.

Le socle volcanique n'est pas visible autour d'Obock et la base apparente

---

(1) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3e série, 16, 1888, p. 536-541.

(2) *Rev. de Géogr. Phys. et de Géol. dynamique*, 4, IV, 1931, p. 315-316.

(3) *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, n° 13, 5e série, 2, 7 nov. 1932, p. 180-181.

(4) E. Aubert de La Rüe.

des dépôts débute souvent par des calcaires riches en graviers rhyolitiques, pouvant même passer à de véritables conglomérats. Les formations marines se montrent jusqu'à une dizaine de kilomètres au maximum au nord-ouest d'Obock et un peu davantage au Nord-Est. Des cailloutis récents leur succèdent ensuite. Elles forment un plateau assez raviné et légèrement ondulé, dont l'élévation atteint de 50 à 60^m et qui présente, près du littoral, trois ou quatre terrasses plus ou moins nettes, marquant chacune un temps d'arrêt dans le soulèvement de la région.

L'une des meilleures coupes est offerte par le ravin de Baghenda à 2^{km} à l'ouest du poste d'Obock. Les dépôts ont ici une épaisseur de 15^m. Ils sont formés par des calcaires tendres, légèrement salés, ayant une puissance apparente de 10 à 12^m; des récifs de Coraux accompagnés de Coraux remaniés plus ou moins fortement cimentés, d'une épaisseur de 2 à 5^m. les recouvrent. Parmi les fossiles très nombreux recueillis entre les cotes 10 et 13, dans les calcaires tendres de la partie amont du ravin de Baghenda, nous citerons :

Lamellibanches. — *Ostrea hyotis* L., *O. crista-galli* L., *Spondylus Fauroti* Jouss., *Pecten sanguinolentus* Chemn., *Lima lima* L., *Arca nivea* Chemn., *A. imbricata* Brug., *A. antiquata* L., *Cardium leucostoma* Born., *C. lyratum* Sow., *Chama lazarus* L., *Venus lacerata* L., *Lucina Macandreæ* H. Ad. *et Lucina tigerina* L.

Gastéropodes. — *Turbo petholatus* L., *Cerithium madreporeraricola* Jouss., *Cyprea arabica* L., *C. erosa* L., *C. pantherina* Sol., *Strombus gibberulus* L., *Rostellaria curvirostris* Lk., *Conus omaria* Hw., *Vasum turbinella* Lk.

Échinides. — *Clypeaster scutiformis* Gmel., *Platybissus Roemeri* Grube.

Cirripède. — *Balanus amphitrite* Darw. var. *Palidus* Darw.

A quelques centaines de mètres à peine au nord de ce gisement, près de l'extrémité ouest du terrain d'aviation d'Obock, à la cote 20 environ, le sol est jonché de coquillages semblant provenir de la désagrégation des calcaires coralliens affleurant çà et là, les mêmes qui surmontent les calcaires tendres ayant fourni la faune du ravin de Baghenda. Les Mollusques sont représentés ici notamment par

Arca uropygmelana Bory, *A. clathrata* Reeve, *Mactra achatina* Chemn. *Lucina Macandreæ* H. Ad., *L. tigerina* L., *Clementia Cumengi* Desh., *Lutraria Turneri* Jouss., *Turbo petholatus* L., *Natica mamilla* L., *Cerithium erythræense* Lk., *C. vertagum* L. et *Bulla ampulla* L.

Les Échinides sont représentés dans ce gisement par *Heterocentrotus mamillatus* Klein.

A 5^{km} environ au nord-ouest d'Obock et à la cote 40 environ, la surface

du plateau est formée par des récifs de Coraux entre lesquels affleurent des bancs d'huîtres (*Ostrea hyotis*) et des calcaires tendres, salés, parfois très fossilifères. On trouve à la surface du sol, provenant des formations immédiatement sous-jacentes, les Mollusques suivants :

Ostrea hyotis L., *O. Forskali* Chemn., *Arca scapha* Meusch, *A. imbricata* Brug., *Pectunculus pectunculus* L., *Plicatula plicata* L., *Cardium rugosum* Lk., *Circe pectinata* L., *C. corrugata* Chemn., *Turbo viridicallis* Jouss. et *Cerithium ceruleum* Sow.

GÉOLOGIE. — *Extension et caractères des faunes marines des bassins houillers de Djerada (Maroc) et de Kenadza (Sud-Oranais).* Note de M. **Gaston Delépine**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Dans les bassins houillers de Djerada au sud d'Oujda et de Kenadza, près Colomb-Béchar, le Carbonifère le plus ancien daté est du Viséen supérieur, les couches de houille exploitées sont du Westphalien supérieur (assise de Bruay) (1). Entre le calcaire viséen et la houille exploitée, il existe à Djerada comme à Kenadza, une série épaisse de formations, dont la faune récoltée systématiquement me fut confiée pour étude; celle-ci fut complétée par une visite des gisements au cours de deux missions (1937 et 1938).

Cette note résume les observations faites dans le bassin de Djerada, les rapproche de celles qui ont été faites à Kenadza, et expose les résultats de cette comparaison.

A *Djerada* (2) Clariond a découvert *Eumorphoceras pseudobilingue* Bisat, *Cravenoceras nitidum* Phill, *malhamense* Bisat, espèces des horizons les plus inférieurs du Namurien. Le gisement de Koudiat ès Senn a fourni *Cravenoceras cowlingense* Bisat, *Homoceras diadema* Beyr. Le long de la route d'Oujda à Berghent, ont été récoltés : *Reticuloceras inconstans* Phill. à 50 mètres au-dessus du Viséen, *Reticuloceras bilingue* Salter à 160 mètres, *Gastrioceras cancellatum* Bisat à 210 mètres. Ces dernières espèces sont caractéristiques du Namurien supérieur. Le Namurien est donc entièrement représenté : il atteint une épaisseur maxima de 300 mètres.

(1) H. Termier, *Études géologiques sur le Maroc central*, 1, 1936, p. 622.

(2) Pour Djerada, j'ai pu disposer des documents d'Owodenko et consulter Clariond, *Les bassins houillers du Maroc français* (Communication au *XVIIe Congrès géol. intern.*, Moscou, 1937, Ms.).

Au-dessus du Namurien et jusqu'aux conglomérats qui précèdent les couches de houille exploitées (H3) il y a un millier de mètres de formations schisteuses. Owodenko y a repéré pas moins de 11 niveaux à fossiles marins. Un de ces horizons (270^m au-dessus du Namurien) a fourni *Gastrioceras listeri* Martin et un genre nouveau voisin de *Gonioloboceras*. Plus haut, entre 500 et 700^m, il y a deux veinettes de houille, puis une couche (*Mokta*) que Clariond rapporte d'après la flore, au Westphalien inférieur, faisceaux de Vicoigne et d'Anzin du Nord de la France.

A partir de 200^m sous le conglomérat H3 jusqu'à 30^m au-dessus, les niveaux fossilifères ont livré : *Anthracoceras ægiranum* Schmidt, *Hindi* Bisat, *Metacoceras costatum* Hind, *perelegans* Girty, *Paradomatoceras applanutum* Del., *Productus Rimberti* Wat., *Syncyclodema carboniferum* Hind, etc. Cette faune concorde avec celle des niveaux marins de Petit-Buisson et Rimbert, qui séparent l'assise de Bruay de l'assise d'Anzin. Le dernier niveau marin repéré au-dessus du niveau H3 contient *Spirifer mosquensis* Fisch. A Kenadza, je rappelle qu'au-dessus du Viséen existe le Namurien, avec limite supérieure repérée par *Gastrioceras cancellatum* Bisat, le Westphalien inférieur avec *Gastrioceras Listeri* Martin, enfin plus haut la faune à *Anthracoceras ægiranum* Schmidt. Seulement au-dessus de ce dernier niveau la sédimentation, marine jusque-là, change de caractère, passant d'abord à des grès avec quelques passées charbonneuses, puis aux couches renfermant l'unique veine exploitée.

Voici les observations qui se dégagent de la comparaison entre les deux bassins :

1° A Djerada, comme à Kenadza, le Carbonifère garde un caractère marin à travers tout le Namurien et le Westphalien. Ceci est particulièrement net à Kenadza, où les calcaires bleus avec niveaux coralligènes montent jusque dans le Westphalien, moins apparent à Djerada où le faciès schisteux prédomine. C'est seulement au Westphalien supérieur que le régime devient franchement continental avec veines de houille plus importantes, murs à *Stigmaria* et toits à faune d'eau douce. A Djerada, la couche *Mokta* est une exception : elle est à 100^m plus bas que le niveau à *Productus Rimberti* Wat.

Le Carbonifère de l'Afrique du Nord se rapproche par ce trait du Carbonifère des Asturies, où les formations demeurent également marines pendant tout le Namurien et le Westphalien inférieur, les premières veines exploitables se trouvant au niveau de Rimbert et la principale assise, celle de Sama, correspondant à l'assise de Bruay, comme les charbons de

Djerada et de Kenadza. Dans le bassin franco-belge, le Westphalien est, au contraire, une formation entièrement continentale avec quelques récurrences marines. Bien qu'il s'agisse de bassins paraliques en Méditerranée occidentale comme dans le Nord-Ouest de l'Europe, l'épisode houiller principal n'est pas contemporain de part et d'autre. Le fait est lié à ce qu'ils appartiennent à deux compartiments dont l'histoire tectonique est différente.

2° Les bassins de l'Afrique du Nord, comme celui des Asturies, étant demeurés longtemps en régime de mer largement ouverte sur l'aire méditerranéenne, alors si étendue, la faune y est bien plus riche en genres et en espèces que dans les horizons marins du houiller franco-belge; ceux-ci ont une faune appauvrie, correspondant à une occupation marine précaire. De là résulte aussi la présence en Afrique du Nord, comme en Asturies, d'espèces identiques ou étroitement apparentées avec celles de la Russie, de l'Oural et du Nord de l'Amérique.

GÉOLOGIE. — *Les alluvions à* Elephas meridionalis *de la carrière Carpentier près d'Abbeville*. Note de MM. **Henri Breuil**, **Léon-Aufrère** et Mme **Alice Bowler-Kelley**, présentée par M. Lucien Cayeux.

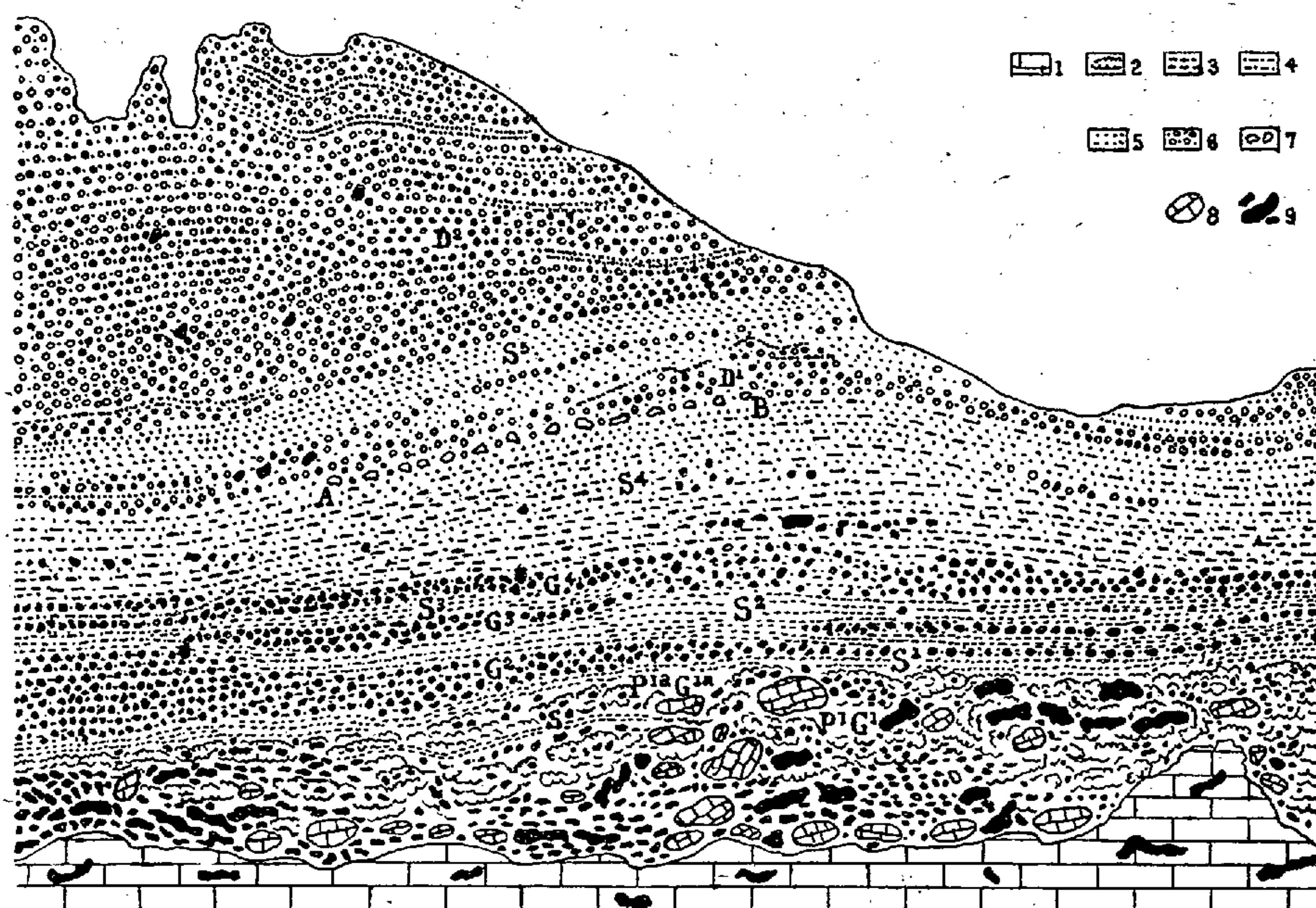
D'Ault du Mesnil avait signalé, dans les alluvions du faubourg du Bois près d'Abbeville, une faune à *Elephas meridionalis* et une industrie de « silex amygdaloïdes ou lancéolés à bords sinueux ». Mais les observations ont donné lieu à des contradictions qui ont d'abord été longuement discutées par deux d'entre nous (1), puis les trois auteurs de cette Note ont entrepris une campagne de fouilles pour élucider la question.

Nous avons d'abord rafraîchi la coupe de la carrière Carpentier, qui avait été suivie par V. Commont et qui vient d'être achetée par l'Administration des Beaux-Arts. Au-dessous d'une série fortement colorée et exclusivement subaérienne se trouve une série faiblement colorée et essentiellement fluviatile, qui a donné la faune à *Elephas meridionalis* et qui fait l'objet de la présente Note, où nous utiliserons quelques points de vue nouveaux permettant de préciser largement l'interprétation générale.

La surface de la craie se tient d'une façon très constante à 25^m d'altitude

(1) H. Breuil, *L'Anthropologie*, 41, 1931, p. 449-488; L. Aufrère, *Épreuves et Synthèses*, n° 2, 1937, p. 18-30.

absolue, c'est-à-dire à 21^{m} au-dessus de l'étiage de la Somme avant sa canalisation. Au-dessus se trouve une *presle* (ou *coombe-rock*) *de solifluxion* (P^1) intimement associée à un *gravier de silex* (G^1). La presle est faite de blocs de craie arrondis de tous calibres dépassant parfois 20^{cm} et passant à de la craie granuleuse ou même complètement écrasée. Le calibre des silex n'est pas moins varié. Mais, quel que soit leur volume, ils sont souvent entiers, parfois brisés, et ils conservent généralement les formes des rognons de silex de la craie. Ils peuvent avoir été dégagés par la rivière sans avoir été affectés par les actions mécaniques du courant. Ils peuvent aussi



Les alluvions à *Elephas meridionalis* de la carrière Carpentier. — 1, craie en place; 2, craie granuleuse ou écrasée; 3, sable argileux; 4, sable marneux; 5, sable calcareux; 6, dragées; 7, galets pralinés; 8, blocs de craie arrondis; 9, rognons et galets de silex. Hauteur de la coupe, 3^{m},50.

avoir été pris à la craie en même temps que le coombe-rock. D'autre part les silex arrondis ou émoussés ne sont pas rares, mais ils ne sont pas prépondérants. *L'ensemble se présente comme un dépôt de rivière au cours d'un régime périglaciaire.*

La deuxième partie de la série ancienne est *essentiellement sableuse*. Le sable est d'abord argileux, compact, chargé de coquilles d'eau douce et interstratifié dans la partie supérieure des graviers. Il passe progressivement

à un sable calcareux, croulant, dépourvu de lits de graviers et chargé de concrétions construites par des algues d'eau douce où M. Y. Milon a reconnu des Rivulariacées. Le premier lit sableux (S^0) est recouvert par des graviers qu'on voit chargés de presle pour la dernière fois ($P^{1a}G^{1a}$). Le dépôt du sable commence donc en régime périglaciaire tandis que les graviers se continuent au début de l'interglaciaire. C'est en effet dans les derniers lits de graviers ($G^2G^3G^4$), dans les sables interstratifiés ($S^1S^2S^3$) et dans les sables sus-jacents ($S^4D^1S^5D^2$) que se trouve la faune à *Elephas meridionalis*. En même temps, les graviers accusent un changement de régime. Ils sont moins volumineux, mieux calibrés et ils présentent souvent des traces de roulis intense. Les concrétions construites par les algues sont faites d'auréoles calcaires autour d'un galet, d'une esquille de silex (ou même d'une petite masse de sable) donnant des *galets pralinés* (AB) ou plus souvent des *dragées* en ovoïdes réguliers. Semées d'abord dans la masse sableuse (S^4), celles-ci forment bientôt des lits continus et de plus en plus importants (D^1D^2) où le sable est réduit au rôle d'élément matriciel et *où s'affirme le régime d'une rivière tranquille et chaude*.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur une bouteille pour prise d'eau.* Note (1) de M. **Eric Pellerin**.

Cet appareil, dont la description est donnée par la figure ci-après, est destiné à effectuer des prises d'eau à une profondeur déterminée, n'excédant pas les limites de résistance de l'appareil, soit une profondeur de 250^m, suffisante pour l'étude du plateau continental.

Il se compose essentiellement d'un tube métallique, d'une capacité d'environ deux litres et demi, que l'on descend fermé à la profondeur voulue.

Pour l'ouvrir, on libère un messager, simple bloc annulaire de bronze, qui descend rapidement et frappe la pièce D qui, par sa base conique, ouvre en le centrant le verrou annulaire excentré E.

La pièce F, se trouvant libérée, remonte sous l'action du ressort G en ouvrant les orifices du tube qui se remplit rapidement.

Le pas de vis inférieur de la tige B et le contre-écrou inférieur T permettent de régler exactement la pression du joint F' sur les orifices.

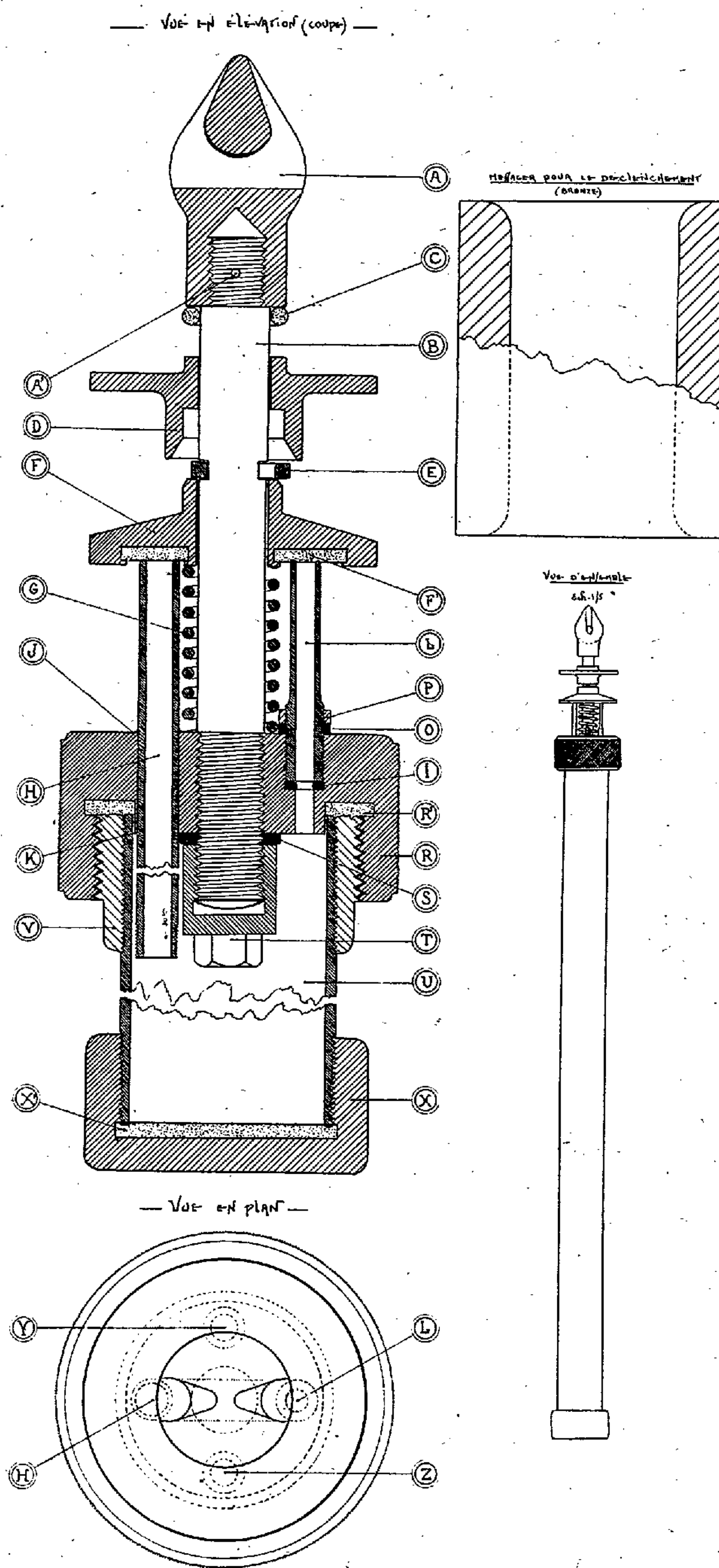
(1) Séance du 20 mars 1939.

Bouteille pour prise d'eau de mer.

Système Eric Pellerin.

Désignation.

A, anneau de fixation (bronze).
A', goupille conique (monel).
B, axe (nickel).
C, amortisseur de choc (caoutchouc).
D, déclencheur (monel).
E, bague de verrouillage (monel).
F, obturateur (P. 12).
F', joint circulaire (caoutchouc).
G, ressort (acier).
H, tube d'admission (monel).
I, joint (cuir).
J, glacis de soudure (étain).
K, soudure à l'étain (étain).
L, tube d'évacuation de l'air (monel).
O, joint (cuir),
P, contre-écrou (monel).
R, bouchon-bloc (P. 12).
R', joint (caoutchouc).
S, joint (cuir).
T, contre-écrou (monel).
U, corps (duralumin).
V, mamelon renfort (monel).
X, bouchon de pied, fixe (P. 12).
X', joint (caoutchouc).
Y, valve Michelin (acier).
Z, bouchon (monel).



On remonte le tube ouvert, ce qui ne présente aucun inconvénient, les orifices étant petits, horizontaux, et au même niveau.

Deux modes d'emploi sont prévus : *a.* comme il vient d'être dit ; *b.* en bouteille-sondeur.

Pour ce faire on remplace le tube L par le bouchon Z, vissant le tube dans le trou d'attente du bouchon Z, et l'on visse au bout du tube d'admission K une soupape (non représentée sur la figure) permettant à l'eau de rentrer mais non de ressortir.

Pour effectuer une prise d'eau, on opère comme précédemment, l'eau pénètre dans l'appareil, le remplit jusqu'à la soupape (à 30^{cm} de l'extrémité supérieure) comprimant l'air dans l'espace situé au-dessus de la soupape.

Grâce à la soupape, la bouteille remonte fermée. Une valve Michelin en Y permet de mesurer la pression qui règne dans la bouteille, donc de déterminer la profondeur à laquelle la prise a été faite.

Cet appareil et les joints sont, sauf le ressort en acier, dans le modèle actuel, entièrement en métaux inoxydables.

Il a été construit et a fonctionné de façon satisfaisante.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Formation et structure des tubes criblés dans l'axe hypocotylé de* Cucurbita pepo. Note de Mlle **Janine Salmon**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Les tubes criblés, éléments qui, chez les végétaux vasculaires servent à la conduction de la sève élaborée, sont encore très mal connus. Ce que l'on sait actuellement des processus par lesquels a lieu leur différenciation, et aussi de leur structure, variable, semble-t-il suivant les groupes, permet cependant de faire prévoir que leur étude, au moyen des méthodes cytologiques modernes, révélera de nombreux faits d'un grand intérêt : faits non seulement d'ordre morphologique, mais encore d'ordre physiologique, car il ne sera possible de comprendre la translocation des matériaux organiques élaborés qu'après avoir acquis, de la structure des éléments libériens, une connaissance précise. Nous apportons aujourd'hui les premiers résultats d'une étude entreprise dans cette direction, sur les tubes criblés des plantules de Courge (*Cucurbita pepo*).

Le tube criblé de Courge dérive d'une cellule méristématique initiale contenant un noyau ovoïde à prochromosomes et, dans un cytoplasme homogène, un chondriome granuleux très abondant. Cette cellule s'allonge,

acquiert deux grandes vacuoles et son cytoplasme est bientôt réduit, à une couche mince entourant celles-ci; le noyau localisé dans la région médiane de la cellule, à l'intérieur de la travée séparant les deux vacuoles, offre alors un contour irrégulier, amœboïde, et les prochromosomes sont de dimensions et de formes irrégulières. A ce stade, le chondriome est encore très abondant et constitué d'un mélange de grains et de courts bâtonnets. De petits globules brunissant par l'acide osmique apparaissent alors dans la couche cytoplasmique pariétale. La cellule continuant de s'allonger, les deux grandes vacuoles se fusionnent; le noyau devient de nouveau ovoïde, ses prochromosomes sont punctiformes. De nouveaux globules osmio-réducteurs, différents des premiers, se forment dans le cytoplasme, au contact de la paroi, contre laquelle ils sont disposés d'une manière caractéristique. Ces globules grossissent à mesure que la cellule s'allonge; on peut alors étudier leur nature au moyen de réactions histochimiques : ils contiennent des lipides (sans doute des phospholipides : réaction de Smith-Dietrich, fortement positive) et des protides; certains présentent plus intensément des réactions protidiques, d'autres des réactions lipidiques. Enfin, ces globules s'agglutinent, forment des amas irréguliers qui tendent à s'accumuler vers un des pôles de la cellule; en même temps, le noyau s'évanouit peu à peu, les prochromosomes paraissant alors se déchromatiniser. Il nous semble que les orifices des cribles s'ouvrent alors dans les parois.

A partir de ce moment, la cellule criblée revêt rapidement l'aspect caractéristique de son état fonctionnel. C'est une cellule fortement dissymétrique comprenant essentiellement une mince couche cytoplasmique, entourant une grande vacuole, et fortement adhérente aux plages criblées de la paroi. La matière lipo-protéique, dont nous avons décrit la formation, est accumulée contre une des parois criblées (distale ou proximale : dans un même faisceau criblé, certains tubes présentent des accumulations distales, d'autres des accumulations proximales, le sens de l'accumulation étant le même dans chaque file de cellules) : la matière immédiatement au contact de la paroi criblée contient ainsi des lipides caractérisés par leur coloration pour le noir et le rouge Soudan, par leur brunissement, par l'acide osmique et la réaction de Smith-Dietrich; ceux-ci peuvent même faire saillie, sous forme d'un bouton ou d'une goutte dans la cellule criblée voisine; par contre, les protides prédominent dans la partie de l'amas lipo-protidique la plus éloignée de la paroi; cependant, même dans cette région, une fine pellicule lipidique entoure presque toujours la matière protidique.

A côté de chaque tube criblé fonctionnel se trouve la *cellule-annexe :* celle-ci contient les globules lipo-protidiques pariétaux caractéristiques des tubes criblés en voie de formation, et il nous semble que chez la Courge, la cellule-annexe n'est autre chose qu'une future cellule criblée destinée à remplacer, lorsqu'elle aussi a cessé de fonctionner, la cellule criblée à côté de laquelle elle se trouve.

Parmi les faits mis en évidence dans cette description préliminaire, nous relèverons surtout ceux qui se rapportent au rôle conducteur des éléments criblés. Tout d'abord leur structure dissymétrique en rapport avec le passage du flux nourricier. Ensuite et surtout la présence de phospholipides dans les orifices des cribles et à la surface de la plage criblée; il y a longtemps que Mangenot a signalé la présence, dans les orifices des cribles libériens d'une matière fortement sidérophile dont il n'a pas indiqué la nature, disposée sous forme de deux disques plus ou moins intimement accolés et pouvant se gonfler jusqu'à faire saillie sous forme de boutons ou de gouttes ; cet auteur a comparé ces dispositifs à ceux qu'il avait décrits dans les grands plasmodesmes des Rhodophycées : pour lui, chaque orifice d'un crible est un plasmodesme au niveau duquel les protoplasmes des deux cellules voisines se touchent, sans se confondre, au niveau de leurs membranes, disques ou boutons *synaptiques*, comme dans les plasmodesmes des Algues rouges. Or Mlle Celan a démontré récemment la nature phospholipidique des synapses des Rhodophycées; à notre tour, nous décelons la présence d'une intense accumulation de phospholipides au niveau des orifices des criblés libériens. Le rapprochement établi par Mangenot semble donc se confirmer et nos recherches, comme celles de Mlle Celan, soulignent le rôle important joué par les phospholipides, à la surface des cellules, surtout au niveau des plasmodesmes, véritables *postes-frontières* par lesquels ont lieu les échanges entre cellules voisines.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'assimilation de l'allantoïne par les plantes supérieures.* Note de MM. **Arthur Brunel** et **Robert Échevin**, présentée par M. Marin Molliard.

Nombreuses sont les dicotylédones et monocotylédones où l'on a rencontré l'allantoïne. Cet uréide, localisé dans les organes en voie de croissance, bourgeons, jeunes feuilles ou jeunes fruits, constitue un des termes intermédiaires du catabolisme des protides; sous l'action de l'allantoïnase, de l'allantoïcase et de l'uréase, il est dégradé jusqu'au stade de l'ammo-

niaque, en passant par l'acide allantoïque et l'urée. Les principales étapes de cette transformation apparaissent en cultivant le *Soja* sur une solution d'allantoïne ([1]).

Mais nous avons recherché en vain la présence de l'allantoïne et de son dérivé l'acide allantoïque dans les bourgeons d'*Ampelopsis hederacea*, de *Castanea vulgaris*, de *Tilia silvestris*, dans les fleurs de *Fraxinus excelsior*; les deux uréides n'existent pas non plus dans le Radis (*Raphanus sativus*) obtenu dans les conditions normales de culture ([2]). M. Molliard a constaté cependant que l'allantoïne artificiellement introduite dans le milieu nutritif constitue un aliment de choix pour cette espèce ([3]). On peut, dès lors, se demander comment la plante assimile l'uréide et, plus précisément, si l'allantoïne et l'acide allantoïque, qui font défaut normalement, apparaissent dans la cellule du Radis cultivé dans ces conditions particulières.

Nous avons effectué des cultures aseptiques de Radis sur un milieu témoin constitué par la solution de Knop additionnée de saccharose et sur un milieu différant du précédent par l'adjonction d'allantoïne à la dose de 1 pour 1000.

	Cultures de Radis (100 plantes) sur milieu avec allantoïne (A) ou sans allantoïne (B) récoltées après			
	20 jours de culture.		36 jours de culture.	
	A.	B.	A.	B.
Substance sèche (mg)	4023	3309	9790	6842
N de l'allantoïne (mg)	traces	0	traces	0
N de l'acide allantoïque (mg)	0	0	0	0
N de l'ammoniaque (mg)	8,1	2,1	8,9	2
N des acides aminés (mg)	36	10,6	37,5	8,8
N des amides (mg)	16,9	4,4	4,6	3,6
N soluble total (mg)	62	31,9	125,2	51,7
N protéique (mg)	120,9	62,3	193,8	127,9
N total (mg)	182,9	94,2	329	179,6
Activité enzymatique ([4]).				
Allantoïnase	0	0	12	0
Allantoïcase	0	0	0	0
Uréase	30	22	54	37

([1]) R. Échevin et A. Brunel, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 826.

([2]) M. Molliard, R. Échevin et A. Brunel, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1021.

([3]) M. Molliard, *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 958.

([4]) En milligrammes d'uréides ou d'urée transformés par la totalité de la poudre fournie par le broyage de 100 plantes.

La présence d'allantoïne augmente le rendement des cultures de 36 jours de 50 pour 100; les plantes qui ont absorbé de l'allantoïne sont beaucoup plus riches en azote soluble et en protides, elles renferment quatre fois plus d'ammoniaque et d'acides aminés. L'ammoniaque provenant de l'allantoïne est utilisée par la plante dans la synthèse des protides, mais, à la différence de ce que nous avons observé chez le *Soja*, l'allantoïne et l'acide allantoïque n'apparaissent pas dans le Radis, les enzymes capables d'intervenir dans la simplification des deux uréides font entièrement défaut; les poudres d'organes ne se sont montrées faiblement actives qu'à l'égard de l'urée. On ne voit apparaître aucun stade de dégradation entre l'allantoïne et l'ammoniaque. Il est impossible de concevoir, avec ce que nous savons des réactions intervenant, *in vitro*, pour transformer l'allantoïne en ammoniaque, le processus mis en œuvre par la cellule du Radis pour effectuer cette transformation sans passer par l'intermédiaire de l'acide allantoïque.

On peut admettre que l'apparition de cet uréide est subordonnée à la présence d'allantoïnase qui fait défaut chez le Radis; cette explication constituerait un argument en faveur de la nécessité de l'intervention de l'enzyme dans la dégradation biologique de l'allantoïne, mais elle ne résout pas le problème particulier qui nous préoccupe ici. La sensibilité de la méthode spectrophotométrique que nous utilisons pour le dosage de l'acide allantoïque permet de mettre cet uréide en évidence, même s'il n'apparaissait qu'à l'état de traces dans les tissus. Nous nous sommes assurés par ailleurs que l'acide allantoïque n'exerce spécifiquement aucune action toxique sur le Radis : des cultures effectuées sur un milieu aqueux contenant de l'allantoate de potassium nous ont donné un rendement supérieur à celui qui nous a été fourni par un milieu de culture renfermant la même dose d'allantoïne.

Ces expériences relatives à l'assimilation de l'azote uréidique par le Radis doivent être rapprochées de celles qui ont fait l'objet des observations de M. Molliard et de l'un de nous ([5]) relativement à l'assimilation des glucides. De même qu'on ne modifie pas la nature des glucides qu'on rencontre normalement dans une plante, quel que soit le sucre introduit dans le milieu de culture, de même si l'on vient à obliger le Radis, qui normalement ne renferme pas d'uréides glyoxyliques, à absorber de l'allantoïne, on ne fait pas apparaître ces substances dans la cellule, ni les

(5) M. Molliard et R. Échevin, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 137.

enzymes qui leur correspondent. La cellule du Radis effectue la dégradation de l'allantoïne suivant un catabolisme particulier, qui n'a rien de commun avec celui que nous avons mis en évidence chez le *Soja*. C'est un exemple des ressources que possède la matière vivante pour effectuer des transformations chimiques dont le mécanisme nous échappe entièrement.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Un cas de xénie chez la Vigne*. Note de M. **Emmanuel Pozzi-Escot**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

J'ai pu observer cette année un cas curieux de xénie sur des fruits de *Vitis vinifera*; malgré de fréquentes situations analogues à celle où il s'est produit chez moi, il n'a pas été signalé de phénomènes analogues à ma connaissance.

Dans un vignoble expérimental que je possède au Pérou dans la vallée du Rimac à 500^m d'altitude, se trouvent réunies plus de 600 variétés différentes de vignes, entre lesquelles la presque totalité est formée d'hybrides de Couderc, Seibel et Baco.

Cette année, des conditions climatériques exceptionnelles ont amené une floraison simultanée des *Vitis vinifera* et des hybrides dans des conditions non réalisées d'habitude. A la maturité, qui vient de se terminer, j'ai été surpris d'observer que, pour un lot de 10 pieds de Chasselas doré, un grand nombre de grains, mais non tous les grains d'une même grappe, ni toutes les grappes, avaient acquis un goût foxé très net, très caractéristique, qui devenait plus évident encore en mettant les grains dans un courant de vapeur d'eau.

Le fait ne s'est produit que sur des pieds de Chasselas greffés sur *Vitis rupestris* du Lot; je ne l'ai pas observé sur des pieds voisins francs de pied. Aucune manifestation ou variation extérieure ne permettait de différencier les grains foxés.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Effets de la présence simultanée de trois champignons parasites dans* Senecio vulgaris *L*. Note de M. **Gustave Nicolas** et M[lle] **Berthe Aggéry**, présentée par M. Marin Molliard.

Si la présence simultanée de deux champignons parasites absolus sur la même plante n'est pas fréquente, celle de trois a été rarement observée. En

voici un exemple qui ne manque pas d'intérêt : sur un seul pied de *Senecio vulgaris* L., nous avons noté, au début de décembre 1938, aux environs de Toulouse, la coexistence de *Coleosporium Senecionis* (Pers.) Fr., *Bremia Lactucæ* Regel et d'un *Peronospora*. *Coleosporium* prédomine, représenté par des sores à urédospores, entourés d'un duvet blanc légèrement grisâtre, constitué par les conidiophores et les conidies de *Bremia Lactucæ* et par très peu de *Peronospora* mélangé au *Bremia* ou formant de petites touffes isolées; par la forme de ses stérigmates effilés et recourbés comme les mors d'une pince, les dimensions de ses conidies, ce *Peronospora* paraît appartenir à une espèce nouvelle; aucune de ces deux Péronosporacées n'avait produit d'œufs.

Nous avons observé, en outre, des variations, de véritables anomalies, de certains conidiophores du *Bremia* :

Raccourcissement des ramifications portant les vésicules terminales et déformations de ces dernières. Nous avons pu suivre le raccourcissement progressif des ramifications des conidiophores jusqu'au moment où deux vésicules, semblant portées par le même rameau et n'ayant plus la forme cupulée, constituent une masse unique, étalée en une petite lame portant des stérigmates irréguliers et disposés irrégulièrement et rappelant tout à fait une fascie. L'apparition de ces fascies n'a rien d'étonnant si l'on admet l'hypothèse, basée sur un certain nombre d'observations (¹), qui attribue ces anomalies à une nutrition insuffisante, hypothèse que sont venues encore étayer les recherches de M. L. Daniel (²), sur des poireaux cultivés à l'ombre. On peut parfaitement concevoir que, mis en concurrence avec *Coleosporium* très abondant, *Bremia*, insuffisamment alimenté, n'a pu différencier normalement ses conidiophores et peut-être ses conidies, dont les essais de germination sur eau de pluie ont été négatifs et que nous nous proposons de renouveler si nous retrouvons les mêmes anomalies; la non-formation d'œufs est peut-être due à la même cause. A l'appui de cette hypothèse nous invoquerons le fait que, dans la collection de pathologie de notre Laboratoire, sur un échantillon de Séneçon parasité aussi par *Coleosporium* et par *Bremia* qui, ici, dominait, nous avons observé, mais moins nombreuses, les mêmes anomalies des conidiophores.

Présence, sur les conidiophores de Bremia, *de rameaux rappelant ceux du*

(¹) G. Nicolas, *Académie des Sciences, Inscriptions et Belles Lettres de Toulouse*, 12ᵉ série, 6, 1928, figures 237-247.

(²) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 567-569.

Peronospora. — Certains conidiophores de *Bremia* portent des rameaux légèrement renflés à leur sommet pourvu de deux stérigmates; d'autres, terminés par deux stérigmates inégaux, rappellent tout à fait *Peronospora*. La présence sur le même conidiophore de ramifications de *Bremia* et de *Peronospora* constitue une sorte de chimère. A-t-elle la même origine que les chimères classiques et résulte-t-elle de la fusion d'un mycélium de *Bremia* et de *Peronospora*, d'une sorte de greffe? Il paraît difficile, en l'absence d'organes sexués, de parler ici d'hybridation. Peut-être aussi, la forme des conidiophores des Péronosporacées n'étant pas déterminée d'une façon absolue, nous en avons donné une nouvelle preuve récemment ([3]), peut-il apparaître des intermédiaires entre les différents genres. Telles sont les hypothèses qui s'offrent à l'esprit pour expliquer ce type curieux et nouveau de chimère, qu'il est difficile de vérifier.

Nos observations présentent un double intérêt : réunion sur le même hôte de trois parasites absolus, dont l'action réciproque se traduit par l'apparition, sur les conidiophores de *Bremia*, de fascies et de chimères.

PHARMACODYNAMIE. — *Action de la colchicine sur l'embryon de Poulet à divers stades du développement.* Note de Mme **Suzanne Lallemand**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai signalé ([1]) que la colchicine, déposée sur l'embryon de Poulet incubé depuis 48 heures, produit une forte proportion de monstres strophosomes. La dose de colchicine nécessaire à l'obtention de ce résultat est de 25/10000e de milligramme; elle est administrée dissoute dans une goutte de soluté de chlorure de sodium à 8 pour 1000. Ces monstres, inconnus jusqu'alors chez l'embryon de Poulet, sont susceptibles de se développer approximativement jusqu'à terme comme les strophosomes spontanés des Bovidés; ainsi certains strophosomes colchiciniques que j'ai obtenus récemment ne sont morts que le 18e jour de l'incubation.

J'ai recherché, dans de nouveaux essais, quelle était l'action tératogène de la colchicine à divers stades du développement. En suivant la technique décrite dans ma première Note, la solution toxique a été déposée sur le germe embryonnaire aux stades suivants : œufs non incubés, 11e, 16e, 24e,

([3]) *Bull. Soc. Mycol. France*, 54, 1938, figures 115-121.

([1]) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1446.

28°, 35°, 40°, 48°, 55°, 60°, 68°, 72° heure d'incubation. Dans mes premières expériences faites à la 48° heure, la dose de 25/10000° de milligramme avait donné en moyenne une mortalité de 42 pour 100 dans les 24 premières heures après l'injection (dose minimum léthale). Pour obtenir un résultat sensiblement identique, j'ai constaté qu'il fallait diminuer la dose pour les œufs dont l'incubation a été de moins longue durée et l'augmenter pour ceux dont l'incubation a été plus longue. Les doses utilisées sont les suivantes : 10/1000° de milligramme pour les œufs incubés 11 à 16 heures, 50 à 100/10000° de milligramme pour les œufs incubés pendant 72 heures. Les œufs injectés avant l'incubation, à la température du laboratoire et mis ensuite à la couveuse, supportent une dose qui paraît être voisine de 25/10000° de milligramme.

Les résultat obtenus peuvent être ainsi groupés :

L'injection de colchicine à des œufs non incubés, ou à des œufs incubés 11 à 40 heures, ne produit aucun strophosome, mais des monstres divers : hémisomes, omphalocéphales, célosomiens, anencéphales, cyclopes, triocéphales, microphtalmes. Dans quelle mesure la colchicine est-elle responsable de l'obtention de ces diverses monstruosités ? Celles-ci se rencontrent à l'état spontané; elles paraissent en outre pouvoir être produites par de nombreux agents tératogènes. De plus, comme E. Wolff ([2]) l'a montré, la technique d'ouverture des œufs peut engendrer des monstres, surtout dans les jeunes stades. Une étude statistique serait donc indispensable pour fixer le rôle tératogène de la colchicine pendant la période du développement qui précède la 40° heure de l'incubation.

Par contre l'injection de colchicine à des embryons incubés 40 à 68 heures donne des résultats beaucoup plus simples; les monstres obtenus dans ces conditions sont des strophosomes ou des célosomiens.

Parmi les embryons injectés à partir de la 72° heure d'incubation, on ne rencontre plus de monstres, même lorsque la dose utilisée est égale ou supérieure à la dose minimum léthale.

La *réaction strophosomique* provoquée par la colchicine sur l'embryon de Poulet paraît donc ne pouvoir être obtenue que sur des embryons âgés de 40 à 68 heures.

([2]) *Les bases de la tératogénèse des Vertébrés amniotes, d'après les résultats de méthodes directes* (Thèse de Doctorat ès sciences, Strasbourg, 1936).

GÉNÉTIQUE. — *Sur le mode de répartition des sexes chez l'Isopode terrestre*, Armadillidium vulgare (*Latr.*). Note de M. **Albert Vandel**, présentée par M. Maurice Caullery.

La réalisation du sexe comporte plusieurs étapes successives. Il est, en particulier, nécessaire de distinguer deux mécanismes : 1° celui qui assure la détermination du sexe; 2° celui qui règle la répartition des individus de l'un et l'autre sexe. La détermination du sexe dépend des valeurs respectives des gènes sexuels; lorsque la différence de valeur des gènes mâles et des gènes femelles est élevée, le sexe est stable et fixe; lorsque cette différence est faible, le sexe est labile. La répartition des sexes, dans les portées successives, dépend du rapport numérique des gamètes de l'un et l'autre types engendrés, à une période déterminée, par le sexe hétérogamétique. Les Batraciens Anoures constituent l'exemple classique d'animaux à détermination sexuelle labile, mais la répartition des sexes y est normale. Chez les Isopodes terrestres indigènes ([1]), la détermination du sexe semble être très stable; je n'ai, du moins, observé aucun cas d'hermaphrodisme sur les milliers d'exemplaires que j'ai observés depuis près de vingt ans. Par contre, la répartition des sexes est, dans ce groupe, des plus aberrante. J'en ai donné un exemple dans l'étude que j'ai consacrée ([2]) à la répartition des sexes chez *Trichoniscus* (*Spiloniscus*) *provisorius*. Afin de me rendre compte si de semblables anomalies existent chez d'autres Isopodes terrestres, j'ai entrepris l'élevage de plusieurs espèces indigènes. Je rapporte, dans cette Note, les résultats des élevages d'*Armadillidium vulgare* (Latr.).

H. W. Howard ([3]) a obtenu une portée d'*A. vulgare* comprenant 36 ♀ et un seul ♂. Il interprète ce résultat, en se fondant sur mes recherches relatives à *Trichoniscus*, comme un cas de *monogénie* (production d'individus tous, ou en majorité, du même sexe). Je peux confirmer et étendre, grâce à un matériel beaucoup plus abondant, les résultats de Howard. Mes observations ont porté sur la descendance de 15 femelles, comprenant plus de 3000 individus. Le sexe a été déterminé chez les individus âgés de six mois. La mortalité insignifiante qui s'est produite pendant cette période

([1]) Toutes les espèces du genre circumtropical *Rhyscotus* sont hermaphrodites.
([2]) *Bull. Biol. France, Belgique*, 72, 1938, p. 147-186.
([3]) *Nature*, London, 142, 1938, p. 1038.

de six mois (3371 individus à la naissance; 3166 à l'âge de six mois; taux de mortalité 6 pour 100) ne saurait en rien altérer la valeur des chiffres observés. Les résultats obtenus sont consignés dans le Tableau ci-dessous.

	Première portée.			Deuxième portée.			Troisième portée.		
N° de la ♀.	♂.	♀.	% ♂.	♂.	♀.	% ♂.	♂.	♀.	% ♂.
				♀ amphogènes.					
A. 2.....	29	89	**24,5**	111	31	**78**	123	11	**91,7**
A. 8.....	34	21	**61,8**	44	16	**73**	41	7	**85,4**
A. 9.....	65	50	**56,5**	72	31	**70**	64	47	**57,6**
A. 10.....	32	37	**46**	58	40	**59**	54	27	**66,6**
A. 11.....	15	60	**20**						
A. 15.....	44	68	**39**	47	26	**64,3**	66	25	**72,5**
A. 18.....	26	52	**33,3**	29	46	**38,6**	52	55	**48,6**
				♀ arrhénogènes.					
A. 13.....	112	28	**80**	78	8	**90,7**			
A. 14.....	137	19	**87,8**	55	2	**96,5**	58	1	**98,3**
A. 16.....	55	0	**100**						
A. 17.....	103	11	**90**	92	6	**93,9**			
				♀ thélygènes.					
A. 5.....	0	58	**0**	2	73	**2,66**	2	70	**2,77**
A. 6.....	10	80	**11,1**						
A. 7.....	2	66	**2,9**	3	93	**3,1**			
A. 12.....	3	76	**3,8**	8	72	**10**	10	28	**26,3**

Ce Tableau montre que :

1° La proportion sexuelle est extraordinairement variable suivant les femelles et suivant les portées. L'égalité des sexes, loin d'être la règle, est ici l'exception. La proportion sexuelle résulte de l'interférence de deux facteurs distincts :

2° On distingue, chez *Armadillidium*, comme chez *Trichoniscus*, des femelles *amphogènes* (donnant les deux sexes) et des femelles *monogènes* (engendrant des individus tous, ou en majorité, d'un seul sexe), et, parmi ces dernières, des femelles *arrhénogènes* (productrices de ♂) et des femelles *thélygènes* (productrices de ♀). Sur les 15 femelles mises en élevage, 7 se sont révélées amphogènes, 4 arrhénogènes et 4 thélygènes.

3° Chez toutes les femelles, qu'elles soient amphogènes ou monogènes imparfaites, la proportion sexuelle varie au cours des portées successives (à Toulouse, *A. vulgare* donne normalement trois portées par an). Dans tous

les cas (exception faite de la troisième portée de A9), *la proportion de ♂ augmente de la première à la troisième portée* (⁴). Je propose de désigner cette variation ordonnée par le terme de *succession arrhénauxétique* (ἀῤῥην, mâle; αὔξω, augmenter) (⁵). On peut rendre compte de cette succession en admettant que le métabolisme ovarien, qui varie au cours des portées successives, tient sous sa dépendance la répartition des hétérochromosomes et, par suite, la proportion sexuelle.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la régénération des pièces buccales chez les Phasmes.* Note de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. Maurice Caullery.

La régénération des pièces buccales chez les Insectes a fait déjà l'objet de diverses recherches (Megusar, 1908; Bourdon, 1937). La présente communication concerne la régénération des palpes maxillaires et labiaux chez le Phasme *Carausius morosus* Br. Le palpe maxillaire comprend 5 articles, le palpe labial, 3. Ils se sont comportés, l'un et l'autre, dans la régénération, de la même façon; il n'est donc pas fait de distinction entre eux.

La perte totale ou partielle de ces organes a été provoquée par des sections transversales, pratiquées à différents niveaux correspondant aux limites des divers articles. Trois séries d'expériences ont été faites : 1° section à la base du palpe, déterminant sa suppression totale; 2° section conservant le premier article proximal; 3° section dans la partie distale, supprimant un ou deux articles distaux. Tous les individus ont été opérés à l'état larvaire, aux stades II et III, et conservés jusqu'à l'état d'imago. Un seul palpe a été sectionné par individu.

Première série. — Nombre d'individus opérés, 52. Individus perdus, 5. Individus n'ayant pas régénéré, 42. Individus ayant régénéré, 5.

Ces 5 cas de régénération comportent, pour chacun d'eux, la formation

(⁴) Il est remarquable de noter que, chez *A. vulgare* d'Italie, Arcangeli (*Boll. Mus. Zool. Anat. Comp. Torino*, 41, 1931, p. 33) a observé une *sériation exactement inverse*. Cette antinomie souligne le caractère d'extrême variabilité des mécanismes qui règlent la proportion sexuelle chez les Isopodes terrestres.

(⁵) Je n'ai pas observé une telle succession chez les Isopodes terrestres inférieurs, au moins chez les espèces de *Trichoniscus* que j'ai élevées.

d'une partie d'article, dont la longueur est la moitié de celle de l'article normal. La possibilité de régénération est donc, ici, presque nulle. Il est même à supposer que, pour ces 5 cas, la section a dû laisser en place une infime partie de l'extrémité proximale du palpe qui a produit ces régénérations. Ceci laisse à penser que la régénération n'est pas possible en l'absence d'une partie basale, conservée, du palpe.

Deuxième série. — Nombre d'individus opérés, 73. Individus perdus, 23. Individus n'ayant pas régénéré, 16. Individus ayant régénéré, 34.

Ces 34 cas de régénération comportent, pour 22 de ceux-ci, la formation d'un article, pour 5 autres, de deux articles, et enfin, dans les 7 derniers cas, la régénération d'une partie d'article. Dans cette série d'expériences la régénération s'est effectuée très aisément.

Troisième série. — Nombre d'individus opérés, 46. Individus perdus, 13. Individus n'ayant pas régénéré, 25. Individus ayant régénéré, 8.

Ces 8 cas de régénération comportent, pour 3 de ceux-ci, la formation d'un article; pour les 5 autres, d'une partie d'article. La possibilité de régénération est donc là assez faible.

En résumé, la suppression totale d'un palpe n'est pas suivie de régénération. Si une partie du palpe a été conservée, la régénération s'effectue, mais elle est déficiente, les parties supprimées ne sont jamais entièrement reconstituées. De plus, les articles régénérés sont, dans la plupart des cas, légèrement plus courts que ceux normaux correspondants.

Par ailleurs, il faut remarquer que les régénérations sont plus nombreuses et plus importantes quand l'amputation de l'organe a été pratiquée à un niveau proximal du palpe (2e série d'expériences). Cette région semble donc posséder une activité de régénération plus grande que les autres.

Indépendamment de ces constatations, deux ordres de faits sont à signaler :

1° Dans tous les cas de régénération des 2e et 3e séries d'expériences, il y a toujours eu formation du dernier article distal ou *terminal* du palpe. Étant donné que la régénération a comporté, au maximum, deux articles, et le plus souvent un seul, ceux intermédiaires n'ont donc jamais été régénérés. La formation de cette partie distale, à l'exclusion des autres, indique que la différenciation du régénérat est *basipète*.

2° Dans les 41 cas de non-régénération des 2e et 3e séries, pour 13 de

ceux-ci, l'article devenu *terminal*, après la section du palpe, a simplement cicatrisé son extrémité et s'est développé en conservant sa forme initiale. Dans les 28 autres cas, ce même article s'est transformé en un article *terminal*, mais généralement un peu plus court, de même forme qu'un article terminal normal. Cette transformation a pu aisément se réaliser aux périodes de croissance de l'organisme (mues); en même temps que l'article considéré s'accroissait normalement, l'absence des parties habituellement situées à l'une de ses extrémités et supprimées par la section le déterminait à se modifier. La rupture des *corrélations morphologiques* normales chez cet organe, en voie de développement, a donc déterminé une modification de sa *forme*.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action des sels d'acides gras saturés normaux sur la phagocytose* in vitro. Note de M. **Norbert Fethke**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

J'ai montré (¹), l'importance de l'action qu'exercent certains acides gras libres du Bacille tuberculeux sur la phagocytose de celui-ci. Je me propose d'exposer dans cette Note comment agissent sur le processus phagocytaire les sels d'acides gras saturés normaux étudiés pour les divers termes de la série homologue jusqu'à C_{18}.

J'ai adopté la technique de Hamburger : leucocytes du sang de cheval mis en présence de grains d'amidon de riz dans un milieu constitué par une solution de savons rendue isotonique par addition de 8,5 pour 100 de NaCl tamponnée à pH 7,3 (tampon de Soerensen) et additionnée de $0^{cm^3},1$ de sérum de cheval frais.

Les sels examinés ont été préparés par neutralisation des acides gras avec la quantité théorique de potasse en solution aqueuse N/20 et chauffage pendant 2 heures au bain-marie.

(¹) *Les substances lipoïdiques du bacille tuberculeux.* Paris, 1938.

$$\text{Degré de phagocytose} = \frac{\text{leucocytes ayant englobé}}{\text{leucocytes totaux}} \times 100$$

(S = savon ou sel ; T = témoin).

Sels ou savons de potassium.		Dilution $\frac{1}{1000}$. Durée de la phagocytose. 15 minutes. S.	T.	$\frac{100\,S}{T}$.	30 minutes. S.	T.	$\frac{100\,S}{T}$.	Dilution $\frac{1}{10\,000}$. 15 minutes. S.	T.	30 minutes. S.	T.
Formiate	C_1	33,7	34,1	98,7				33,0	34,1		
Propionate	C_3	27,0	29,3	92,1				25,7	29,3		
Butyrate	C_4	29,0	29,3	99,0				30,7	29,3		
Valérianate	C_5	34,4	34,1	101,0				31,6	34,1		
Caproate	C_6	42,6	28,8	148	58,0	48,6	119	32,0	28,8		
Heptylate	C_7	36,4	28,8	129	56,9	46,8	117			45,1	48,6
Caprylate	C_8	24,4 / 37,5	20,4 / 28,8	125	54,6 / 51,7	39,2 / 48,6	140	31,5	28,8	50,6	48,6
Pélargonate	C_9	29,3	20,4	143				28,2	28,8	56,4	48,6
Caprate	C_{10}	37,0	32,0	119				34,0	32,0		
Undécylate	C_{11}							27,2	32,1		
Laurate	C_{12}							Pas de phagocytose			
Palmitate	C_{16}							Agglomération			
Stéarate	C_{18}							des leucocytes			

Si l'on examine le tableau ci-dessus, où sont rassemblés les résultats de quatre expériences successives, on peut conclure que les homologues inférieurs de la série, allant du formiate au valérianate, ne paraissent pas avoir d'action sur l'activité phagocytaire des leucocytes. Du caproate au caprate on observe une augmentation de cette activité. Pour illustrer ces résultats j'ai calculé pour chaque sel la valeur 100 S/T (S exprime l'intensité de la phagocytose en présence des savons, T la même valeur pour le témoin). A partir de l'undécylate la toxicité pour les leucocytes des savons à longue chaîne commence à se manifester; on observe alors une inhibition complète de la phagocytose. Pour ces mêmes savons la concentration au 1/1000e, la plus active pour les sels du caproate au caprate, n'a pas été indiquée au tableau, car l'hydrolyse, minime pour les termes inférieurs jusqu'au caprate, devient pour ces termes supérieurs assez notable jusqu'à dépasser l'effet du tampon. L'alcalinisation du milieu est encore renforcée par la précipitation de savons acides peu solubles. On pourrait ainsi invoquer le changement du pH pour expliquer l'inhibition de la phagocytose. Par

contre pour les concentrations correspondant au 1/5000ᵉ et au 1/10000ᵉ j'ai vérifié par des mesures du pH avec l'électrode à hydrogène, que le tampon est efficace. De plus, des additions, au témoin, de potasse en quantité équivalente aux solutions des savons n'ont pas entravé la phagocytose. L'action empêchante des savons sur la phagocytose n'est donc pas due au changement de la concentration en ions d'hydrogène.

Pour expliquer les phénomènes observés il semble bien qu'on doive se fonder sur les caractères physiques des solutions étudiées. En effet les premiers termes de la série sont solubles dans l'eau, leurs sels sont des électrolytes faibles qui n'ont que très peu d'action sur la tension superficielle ou interfaciale. Celle-ci s'abaisse notablement à partir du caproate et continue à décroître au fur à mesure qu'on s'élève dans la série homologue. Il est possible que cet abaissement de la tension superficielle explique l'englobement phagocytaire plus facile pour les sels d'acides gras de C_6 à C_{10}. A partir du terme en C_{11} on voit se superposer un caractère qui devient alors prépondérant et qui résulte du caractère physicochimique même des savons. D'après la théorie de Langmuir il semble bien que la chaîne polyméthylénique devienne trop longue par rapport au groupement hydrophile COOH ou COOK, et que la solubilité du sel diminue de façon à donner une solution colloïdale d'un caractère un peu particulier. On peut alors admettre qu'il y ait uniquement adsorption des savons neutres ou plutôt acides par les leucocytes, adsorption qui empêcherait l'englobement peut-être par suite de la formation d'une ou de plusieurs couches orientées.

L'étude des sels d'autres acides organiques au point de vue de leur action sur la phagocytose me permettra peut-être de mieux expliquer l'action si différente des trois groupes de savons appartenant à la série homologue que j'ai examinée.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Caractérisation de la lactoflavine produite par* Aspergillus niger *V. Tgh. partiellement carencé en magnésium.* Note [1] de M. **Jean Lavollay** et Mᵐᵉ **Françoise Laborey**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le mycélium d'*Aspergillus niger* cultivé sur un liquide nutritif de faible teneur en magnésium se teinte d'un pigment jaune fluorescent qu'il laisse

(1) Séance du 20 mars 1939.

diffuser dans le milieu ([2]). La formation de ce pigment est caractéristique de la carence magnésienne; elle ne peut être obtenue par restriction des autres éléments; elle est pourtant accrue si l'on associe à la carence magnésienne une carence simultanée en fer et, d'une façon générale, elle est favorisée par toutes les modifications de milieu qui ralentissent le développement du champignon. Les liquides pigmentés deviennent plus colorés par agitation à l'air; ils sont doués de fluorescence verte sensible à l'alcalinisation; ils sont décolorés par l'hydrosulfite de sodium ou par l'hydrogène naissant, recolorés par agitation à l'air. Le pigment jaune n'est pas extractible par les solvants organiques usuels; une fraction importante mais variable n'en est pas dialysable.

Le pigment est fortement adsorbé en milieu acide par la montmorillonite; la méthode d'extraction dérive de la technique décrite par Karrer et Schöpp ([3]).

Trois litres et demi d'un liquide de Raulin, titrant seulement $0^{mg},30$ de magnésium pour 100^{cm^3}, sont répartis à raison de 125^{cm^3} dans des ballons Pyrex de 250^{cm^3} et largement ensemencés; les liquides sont fluorescents trois jours plus tard ([4]). La liqueur obtenue après 10 jours à 34° est jaune vert. On l'extrait par du toluène et par de l'éther de pétrole qui n'enlèvent aucune matière colorante. La solution est traitée deux fois par 50^g de montmorillonite. La terre est lavée à l'eau, puis éluée au bain-marie par un mélange eau-alcool méthylique-pyridine (2-1-1). L'éluat est évaporé sous vide à l'abri de la lumière; le résidu est repris par l'acide acétique dilué, évaporé sous vide, desséché par l'alcool absolu et repris plusieurs fois par l'alcool méthylique qui dissout une matière colorante. La solution est évaporée sous vide; on reprend par l'acide acétique dilué (1 pour 100) et ajoute quelques grammes d'acétate de plomb. On fait passer un courant de H^2S; le précipité de PbS adsorbe le pigment. On lave à l'eau acétique, puis on élue plusieurs fois au bain-marie par 40^{cm^3} d'eau acétique et quelques gouttes de pyridine. La solution est évaporée sous vide à l'abri de la lumière; le résidu est dissous dans l'eau. On dialyse à travers un sac de collodion; le dialysat concentré laisse déposer par refroidissement de belles aiguilles jaunes groupées en bouquets. On a obtenu $17^{mg},52$ de ces cristaux à partir de $3^l,5$ de liquide de culture.

Les cristaux sont solubles dans l'eau, la pyridine, les alcools méthylique et éthylique, insolubles dans le chloroforme, l'acétone. La fluorescence des solutions aqueuses est exaltée par l'alcool méthylique; elle est atténuée par les alcalis et les acides.

([2]) J. Lavollay et Mme F. Laborey, *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 179, et **206**, 1938, p. 1055.

([3]) *Helv. chim. Acta.*, **17**, 1934, p. 771-772.

([4]) Il y a avantage à ne maintenir dans le milieu que le fer provenant des impuretés des autres substances.

Les solutions sont réversiblement réduites par l'hydrosulfite en donnant un leucodérivé. La réduction par la poudre de zinc en présence de ClH donne un leucodérivé en passant par un intermédiaire rouge.

Le spectre d'absorption dans l'alcool méthylique présente trois bandes (maxima à 4450, 3720 et 2690 Å) et correspond au spectre de la lactoflavine synthétique [5]. Pourtant notre substance absorbe légèrement, de façon diffuse, dans tout l'ultraviolet; elle représente donc de la lactoflavine avec une trace d'impureté, impossible à éliminer, ni par précipitation phosphotungstique, ni par chromatographie sur montmorillonite en solution dans l'alcool méthylique aqueux et élution par l'alcool méthylique-pyridine. Cette substance, irradiée en milieu alcalin, conduit à la lumiflavine, soluble dans le chloroforme; le spectre d'absorption de celle-ci est identique à celui de la lumiflavine préparée à partir de la lactoflavine Karrer : maxima à 4420, 3650 et 2650 Å. Les images de Hartley, obtenues au spectrographe enregistreur de Jobin et Yvon, sont rigoureusement superposables. Nous identifions le pigment avec la lactoflavine.

Cependant la lactoflavine n'est pas le seul pigment fourni par *Aspergillus niger* en carence magnésienne. En effet la chromatographie directe sur montmorillonite, des liquides de culture amenés à pH 10,5, donne une zone supérieure jaune et un anneau brun, peu à peu entraîné vers le bas. Le deuxième pigment ainsi séparé est doué d'une teinte jaune sale; il ne donne pas de photodérivé soluble dans le chloroforme, ce n'est pas une flavine. Il renferme du fer.

En résumé *Aspergillus niger*, organisme aérobie exempt de lactoflavine sur milieu correctement équilibré, réalise la synthèse de ce pigment en cas d'insuffisance de magnésium, révélant ainsi un fonctionnement différent de ses oxydations cellulaires.

PATHOLOGIE COMPARÉE. — *Transmission expérimentale de la* tremblante *à la chèvre*. Note de MM. **Jean Cuillé** et **Paul-Louis Chelle**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Nous avons montré [1] que la tremblante du mouton est une affection virulente et inoculable et que le virus qui la détermine est susceptible de passer à travers la bougie Chamberland L 3.

---

(5) M. Karrer nous a fourni de la lactoflavine pure.

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1552.

Dans les conditions naturelles, la maladie s'observe uniquement sur le mouton. Expérimentalement, il n'a jamais été possible de l'inoculer à d'autres espèces et notamment aux petits animaux de laboratoire : lapin, cobaye, souris blanche (Ivan Bertrand, Carré et Lucam) (²). Nous avons nous-mêmes (³) régulièrement échoué chez le lapin, bien que la plupart de nos sujets aient été conservés pendant deux ans, ce qui est indispensable en raison de la longue durée de la période d'incubation.

Il était intéressant de rechercher la sensibilité des caprins au virus de la tremblante, en raison de leur parenté zoologique avec l'espèce que frappe la maladie spontanée. La tremblante, en effet, n'a jamais été constatée chez la chèvre.

Une chèvre et un bouc châtré, âgés respectivement de 2 ans et de 6 mois, sont inoculés le 21 novembre 1936, dans la chambre antérieure de l'œil, avec 3^{cm^3} d'une émulsion très épaisse de moelle lombaire provenant d'un mouton arrivé au stade terminal de la maladie. L'inoculation, faite aseptiquement, provoque simplement la cécité de l'œil correspondant, par suite des lésions mécaniques déterminées par l'inoculation (luxation du cristallin, opacification des cristalloïdes, atrophie de la rétine). Il n'y a pas d'infection du milieu de l'œil.

Les deux caprins, entretenus dans une étable isolée, sans contact avec les malades, restent en parfaite santé pendant plus de deux ans. C'est seulement du 25 au 26ᵉ mois après l'inoculation que se manifestent, chez la chèvre d'abord (15 décembre 1938), puis chez le bouc (1ᵉʳ janvier 1939), les premiers signes du mal, qui débute simplement par de l'inquiétude et de la frayeur; puis, dans le courant du mois de janvier, apparaissent le tremblement caractéristique, à allure sénile, de la tête et les troubles locomoteurs si spéciaux de la tremblante : incoordination motrice débutant au train postérieur, s'étendant progressivement au train antérieur et aboutissant à une paralysie progressive.

Il convient de remarquer que la période d'incubation (25 et 26 mois) a été notablement plus longue que chez le mouton inoculé dans les mêmes conditions, où elle ne dépasse ordinairement pas 18 mois.

D'ailleurs, deux agneaux inoculés le même jour que les chèvres, avec la même moelle lombaire filtrée sur bougie Chamberland L 3, ont présenté les accidents bien avant les chèvres, à partir de mars 1938 (⁴).

En outre, chez ces deux caprins, la maladie a évolué sous la forme dite *paralytique*. Les troubles moteurs n'ont été ni précédés, ni accompagnés

(²) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 78 et p. 1687; *Recueil de Médecine vétérinaire*, 113, 1937, p. 540 et 586.

(³) *Revue de Pathologie comparée*, 41, 1938, p. 1358.

(⁴) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1687.

d'une modification dans la sensibilité cutanée : le prurit dorso-lombaire, qui fait rarement défaut chez le mouton, aussi bien dans la maladie spontanée que dans l'affection expérimentale, était ici totalement absent. De même, les grincements de dents étaient rares et peu accusés. En dehors de ces quelques différences, l'évolution de la maladie a été la même que chez le mouton.

En conclusion : 1° la tremblante du mouton est inoculable à la chèvre; 2° la période d'incubation a été chez la chèvre un peu plus longue que chez le mouton (25 à 26 mois) ; 3° la maladie de la chèvre a évolué uniquement sous la forme paralytique, sans troubles de la sensibilité cutanée.

La séance est levée à $15^h 55^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 6 mars 1939.)

Note de M. *Jacques Kampé de Fériet*, Sur le spectre de la turbulence homogène :

Page 722, *au lieu de* Jacques, *lire* Joseph.

(Séance du 13 mars 1939.)

Note de MM. *Henri Bulliard*, *Israël Grundland* et *André Moussa*, Sur l'activité d'échange phosphore-radio-phosphore pour les phosphatides du cytoplasme :

Page 843, ligne 1, *au lieu de* Sur l'activité d'échange..., *lire* Sur l'électivité d'échange....



Librairie-Imprimerie GAUTHIER-VILLARS
Tél. : DANTON 05-11 et 05-12 55, Quai des Grands-Augustins, PARIS (6e)

Les Actualités Physiothérapiques

publiées sous la direction du Docteur DUHEM

Volumes in-8° (20×13) se vendant séparément

Ouvrages parus :

— ÉLECTROTHÉRAPIE.

1 et 2. **Courants continus et Courants faradiques**, 2 volumes, par les Drs L. DELHERM, Électro-Radiologiste de l'Hôpital de la Pitié, et A. LAQUERRIÈRE, Électro-Radiologiste de l'Hôpital Hérold; 1929. Chacun .... **14 fr.**

3. **L'électro-diagnostic**, par le Dr P. DUHEM, Électro-Radiologiste de l'Hôpital des Enfants-Malades ; 1928. Avec atlas .... **35 fr.**

4. **L'ionisation**, par le Dr P. DUHEM, Électro-Radiologiste de l'Hôpital des Enfants-Malades, et le Dr Jean DUBOST, Préparateur de physique à la Faculté de Médecine de Paris; 1930 .... **21 fr.**

5. **La diathermie et ses applications médicales**, par le Dr P. DUHEM, Électro-Radiologiste de l'Hôpital des Enfants-Malades, 2e édition; 1933 .... **28 fr.**

6. **Les courants de haute fréquence. Applications de tension**, par le Dr Georges RONNEAUX, Électro-Radiologiste de l'Hôpital Cochin. In-8 (20-13) de 156 p. avec 36 figures .... **42 fr.**

7. **La diathermie chirurgicale**, par le Dr ARRAUD, Assistant d'Électro-Radiologie à l'Hôpital Saint-Louis .... (*A paraître.*)

8. **L'électrothérapie gynécologique**, par les Drs L. DELHERM, Électro-Radiologiste de l'Hôpital de la Pitié, et A. LAQUERRIÈRE, Électro-Radiologiste de l'Hôpital Hérold; 1929 .... **21 fr.**

II. — RADIOTHÉRAPIE.

1. **Les bases physiques de la radiothérapie**, par le Dr Jean DUBOST, Préparateur de physique à la Faculté de Médecine de Paris; 1928 .... **14 fr.**

2. **La radiothérapie moyennement pénétrante**, par le Dr J. BELOT, Électro-Radiologiste de l'Hôpital Saint-Louis .... (*Sous presse.*)

3. **La radiothérapie pénétrante**, par les Drs LEDOUX-LEBARD, Électro-Radiologiste des Hôpitaux, chargé du Cours de Radiologie à la Faculté de Médecine de Paris, et PIOT, Électro-Radiologiste des Hôpitaux; 1932 .... **21 fr.**

III. — CURIETHÉRAPIE.

1. **La technique de la Curiethérapie**, par Mme le Dr LABORDE, Chef du Service de Curiethérapie à l'Institu du Cancer; 1933 .... **28 fr**

IV. — ACTINOTHÉRAPIE.

1. **Héliothérapie**, par le Dr DAUSSET, Chef du Service d Physiothérapie de l'Hôtel-Dieu; 1932 .... **21 fr**

2. **Les rayons ultraviolets**, par les Drs E. et H. BIANCANI, Assistants d'Électro-Radiologie des Hôpitaux 1928 .... **30 fr**

3. **Lumière et infrarouges**, par les Drs E. et H. BIANCANI, Assistants d'Électro-Radiologie des Hôpitaux 1929 .... **30 fr**

V. — KINÉSITHÉRAPIE.

1. **Massage et rééducation**, par les Drs DUREY, Chef d Service de Kinésithérapie de l'Hôtel-Dieu, et Lucienn MEURS, chargée du Service de Kinésithérapie gynéco logique à l'Hôpital Broca; 1930 .... **21 fr**

2. **Mobilisation et mécanothérapie**, par les Drs DUREY Chef du Service de Kinésithérapie de l'Hôtel-Dieu et SANDOZ, Directeur de l'Institut de Physiothérapi de la rue d'Artois .... (*Sous presse.*)

VI. — HYDROTHÉRAPIE

1. **L'hydrothérapie médicale**, par le Dr Robert DUBOIS de Saujon, ancien Interne des Hôpitaux de Paris 1930 .... **21 fr**

VII. — AIR CHAUD ET CRYOTHÉRAPIE

VIII. — LES ACCIDENTS ÉLECTRIQUES.

1. **Dangers et accidents de l'électricité**, par le Dr DUHEM Électro-Radiologiste de l'Hôpital des Enfants-Malades 1929 .... **14 fr**



Librairie-Imprimerie GAUTHIER-VILLARS

Tél. : DANTON 05-11 et 05-12 **55, Quai des Grands-Augustins, PARIS (6e)**

MÉMORIAL DES SCIENCES MATHÉMATIQUES (*suite*)

45. **WILKOSZ (W.).** — *Les propriétés topologiques du plan euclidien.*
46. **HAAG (J.).** — *Le problème de Schwarzschild.*
47. **TZITZÉICA (G.).** — *Introduction à la géométrie différentielle projective des courbes.*
48. **PETROVITCH (M.).** — *Intégration qualitative des équations différentielles.*
49. **KRYLOFF (N.).** — *Les méthodes de solution approchée des problèmes de la physique mathématique.*
50. **SALTYKOW (N.).** — *Méthodes classiques d'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre.*
51. **KOGBETLIANTZ (Ervand).** — *Sommations des séries intégrales divergentes par les moyennes arithmétiques et typiques.*
52. **HOSTINSKY (B.).** — *Méthodes générales du Calcul des probabilités.*
53. **ZERVOS (P.).** — *Le problème de Monge.*
54. **MANDELBROJT (S.).** — *Les singularités des fonctions analytiques représentées par une série de Taylor.*
55. **HUSSON (Édouard).** — *Les trajectoires de la dynamique.*
56. **ÉVANS (G.).** — *Stabilité et Dynamique de la production dans l'économie politique.*
57. **DELSARTE (Jean).** — *Les groupes de transformations linéaires dans l'espace de Hilbert.*
58. **DONDER (Th. De).** — *Application de la Gravifique einsteinienne à l'Electrodynamique des corps en mouvement.*
59. **LEAU (L.).** — *Les suites de fonctions en général (domaine complexe).*
60. **GOT (Th.).** — *Propriétés générales des groupes discontinus.*
61. **DULAC (H.).** — *Points singuliers des équations différentielles.*
62. **BUHL (A.).** — *Gravifiques. Groupes mécaniques.*
63. **HLAVATY (V.).** — *Courbes de la variété générale à N dimensions.*
64. **ORE (O.).** — *Les corps algébriques et la théorie des idéaux.*
65. **ADHÉMAR (R. d').** — *Balistique extérieure.*
66. **SHOHAT (Jacques Chokhate).** — *Théorie générale des polynomes orthogonaux de Tchebichef.*
67. **GODEAUX (L.).** — *Les transformations birationnelles de l'espace.*
68. **GOT (Th.).** — *Domaines fondamentaux des groupes fuschiens et automorphes.*
69. **KOSTITZIN (V. A.).** — *Applications des équations intégrales (applications statistiques).*
70. **SALTYKOW.** — *Méthodes modernes d'intégrations des équations aux dérivées partielles du premier ordre à une fonction inconnue.*
71. **BOULIGAND.** — *Géométrie infinitésimale directe et physique mathématique classique.*
72. **ROSENBLATT.** — *Solutions exactes des équations d mouvement des liquides visqueux.*
73. **WALSH.** — *Approximation by Polynomials in the comple Domain.*
74. **GUICHARD (M. C.).** — *Théorie des Réseaux.*
75. **HERBRAND (J.).** — *Le développement moderne de l théorie des corps algébriques.*
76. **VRANCEANU.** — *Les Espaces non holonomes.*
77. **GUICHARD.** — *Théorie Générale des Réseaux. Applica tions.*
78. **DUBOURDIEU.** — *Questions topologiques de géométri différentielle.*
79. **MINETTI (Silvio).** — *Sur quelques espaces fonctionnel et sur la géométrie de certains Holoespaces.*
80. **SOULA (J.).** — *L'Équation intégrale de première espè à limites fixes et les fonctions permutables à limites fixe*
81. **POTRON.** — *Les Groupes de Lie.*
82. **ZAREMBA.** *Sur une conception nouvelle des forces inté rieures dans un fluide en mouvement.*
83. **JUVET (Gustave).** — *Mécanique analytique et méca nique ondulatoire.*
84. **FREDA (Hélène).** — *Méthodes des Caractéristiques pou l'intégration des équations aux dérivées partielles linéaire hyperboliques.*
85. **KAMPÉ DE FÉRIET (J.).** — *La fonction hypergéom trique.*
86. **GEIRINGER (Hilda).** — *Fondements mathématiques d la théorie des corps plastiques isotropes.*
87. **PRAGER (W.).** — *Mécanique des solides isotropes au del du domaine élastique.*
88. **WEINSTEIN (A.).** — *Étude des spectres des équation partielles de la théorie des plaques élastiques.*
89. **VALIRON (Georges).** — *Directions de Borel des fonction méromorphes.*
90. **TRJITZINSKY (W. J.).** — *Analytic theory of non linea singular differential equations.*
91. **DE SÉGUIER et POTRON.** — *Théorie des groupe abstraits.*
92. **MORSE (M.).** — *Functional topology and abstract varia tional theory.*
93. **DIEUDONNÉ (J.).** — *La théorie analytique des polynome d'une variable (à coefficients quelconques).*
94. **VINCENSINI (Paul).** — *Corps connexes. Séries linéaire Domaines vectoriels.*
95. **FELDHEIM.** — *Théorie de la Convergence des procédé d'interpolation et de quadrature mécanique.*
96. **FINIKOFF.** — *Déformation à réseau conjugué persista et problèmes géométriques qui s'y rattachent.*

Nombreux fascicules en préparation. — Consulter la notice spéciale.

N° 13.

TABLE DES ARTICLES (Séance du 27 Mars 1939).

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

NOMINATIONS.

ÉLECTIONS.

CORRESPONDANCE.

N° 13.

TABLE DES ARTICLES (*suite*).

CORRESPONDANCE (*suite*).

IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,
Quai des Grands-Augustins, 55.

111220 —.3-39 — P. 76.

Le Gérant : E. Thouzellier.